

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公表特許公報 (A)

(11)特許出願公表番号

特表2001-516940

(P2001-516940A)

(43)公表日 平成13年10月2日(2001.10.2)

(51)Int.Cl.¹
H 05 H 1/48

識別記号

P I
H 05 H 1/48

テ-マ-ト² (参考)
L
R

H 01 L 21/3065
C 23 C 14/54
H 01 L 21/205

C 23 C 14/54
H 01 L 21/205
21/302

B

審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 86 頁)

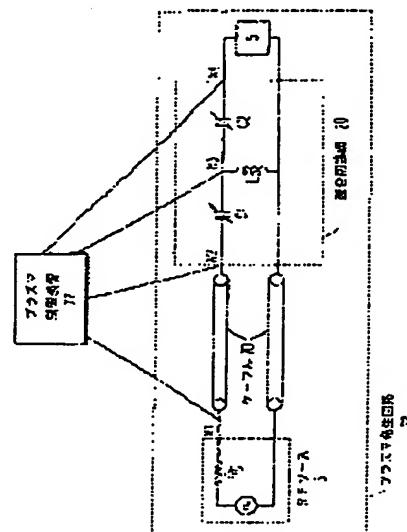
(21)出願番号 特願2000-511929(P2000-511929)
(86) (22)出願日 平成10年9月17日(1998.9.17)
(85)翻訳文提出日 平成12年3月17日(2000.3.17)
(86)国際出願番号 PCT/US98/18496
(87)国際公開番号 WO99/14394
(87)国際公開日 平成11年3月25日(1999.3.25)
(31)優先権主張番号 60/059,173
(32)優先日 平成9年9月17日(1997.9.17)
(33)優先権主張国 米国(US)
(81)指定国 EP(AT, BE, CH, CY,
DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,
LU, MC, NL, PT, SE), CN, JP, KR,
US

(71)出願人 東京エレクトロン株式会社
東京都港区赤坂5丁目3番6号
(72)発明者 ウエイン・エル・ジョンソン
アメリカ合衆国・アリゾナ・85044・フェ
ニックス・エヌ・サーティセカンド・スト
リート・13658
(72)発明者 リチャード・バーソンズ
アメリカ合衆国・アリゾナ・85032・フェ
ニックス・エヌ・フォーティシックス・
ストリート・14853
(74)代理人 弁理士 志賀 正武 (外7名)

(54)【発明の名称】 RFプラズマシステムにおけるアーキングを検出しつつ防止するための装置および方法

(57)【要約】

プラズマ処理システムにおけるアーキングを検出および予測するためのシステムおよび方法が提供される。アーキングは、プラズマに組合された回路(22)からの電気信号を測定しつつ解釈することにより、検出され、かつ、待機づけられる。待機づけの後に、電気信号については、処理工程中に生じるアーキングイベントと相関させることができる。アーキングイベントの位置、激しさ、および頻度に関する情報を得ることができる。前記システムおよび方法は、アーキングの原因をより適切に診断し、かつ、システムおよび加工物に損傷を与える望ましくないアーキングに対して改善された保護を提供する。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 (a) チャンバと、
(b) (i) 電源と、
 (ii) 前記電源からの電力を受け取りかつ前記電力を前記チャンバ内の
 プラズマ領域へ供給するプラズマ結合素子と
 を有するプラズマ発生回路と、
(c) 前記プラズマ領域に結合された回路から受信信号を得るための変換器と

(d) 前記受信信号が、アーキングを検出するために、所定の周波数帯域において成分を有するかどうかを判断するための処理装置と
を具備することを特徴とするプラズマシステム。

【請求項 2】 前記処理装置は、アーキングを検出するための神経回路網を
具備することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマシステム。

【請求項 3】 前記変換器は、アーキングイベントの位置を決定するための手段を
有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマシステム。

【請求項 4】 前記変換器は、アーキングの激しさを判断するための手段を
有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマシステム。

【請求項 5】 前記変換器は、前記受信信号の周波数成分の振幅を監視しつつ前記監視された振幅が所定値を超えたときにアーキングを検出するための監視手段を有することを特徴とする請求項 1 に記載のプラズマシステム。

【請求項 6】 前記変換器は、前記電源の基本周波数と該基本周波数の高調
波周波数とを除く周波数における前記受信信号の周波数成分の振幅を監視しつつ前記監視された振幅が所定値を超えたときにアーキングを検出するための監視手段を有することを特徴とする請求項 5 に記載のプラズマシステム。

【請求項 7】 前記変換器は、選択された副帯信号を供給するために前記受
信信号の成分を許容するための手段を有する、前記受信信号を得るための手段を
有し、

前記成分は、前記所定の周波数帯域内にあることを特徴とする請求項 6 に記載
のプラズマシステム。

【請求項8】 前記変換器は、前記選択された副帯信号が所定の値を超えたときに、前記受信信号が、前記所定の周波数帯域内に成分を有すると判断するための手段をさらに有することを特徴とする請求項7に記載のプラズマシステム。

【請求項9】 前記成分を許容するための手段は、より低い周波数信号およびDC信号のうちの1つを供給するために、前記成分をダウンコンバートするためのダウンコンバータ回路を有し、これにより、前記選択された副帯信号を供給することを特徴とする請求項7に記載のプラズマシステム。

【請求項10】 前記プラズマシステムは、半導体処理システムであることを特徴とする請求項1に記載のプラズマシステム。

【請求項11】 前記システムは、前記受信信号を前記プラズマ領域から得るための信号感知素子をさらに具備し、

前記変換器は、前記受信信号を前記信号感知素子から得ることを特徴とする請求項1に記載のプラズマシステム。

【請求項12】 前記変換器は、前記受信信号の第1被検出成分の第1被検出振幅と、前記受信信号の第2被検出成分の第2被検出振幅とを測定し、

前記第1被検出成分は、所定の第1周波数の副帯内にあり、かつ、前記第2被検出成分は、所定の第2周波数の副帯内にあり、

前記システムは、

第1被記憶振幅と第2被記憶振幅とを有する振幅データを記憶するためのメモリと、

前記第1被検出振幅と前記第1被記憶振幅との第1比較と、さらに、前記第2被検出振幅と前記第2被記憶振幅との第2比較とを実行するための中央処理装置をさらに具備し、

前記第1被記憶振幅は前記所定の第1周波数の副帯に対応し、かつ、前記第2被記憶振幅は前記所定の第2周波数の副帯に対応することを特徴とする請求項1に記載のプラズマシステム。

【請求項13】 前記振幅データは、第3被記憶振幅と第4被記憶振幅とをさらに有し、

前記第3被記憶振幅は、前記所定の第1周波数の副帯に対応し、かつ、前記第

4被記憶振幅は、前記所定の第2周波数の副帶に対応し、

前記中央処理装置は、前記第1被検出振幅と前記第3被記憶振幅との第3比較と、前記第2被検出振幅と前記第4被記憶振幅との第3比較を実行することを特徴とする請求項12に記載のプラズマシステム。

【請求項14】 前記第1および第2被記憶振幅は、第1の記憶されたアーキング激しさを受けるプラズマシステムに対応し、前記第3および第4被記憶振幅は、第2の記憶されたアーキング激しさを受けるプラズマシステムに対応し、

前記中央処理装置は、前記第1、第2、第3、第4比較に応じて、検出されたアーキング激しさを決定することを特徴とする請求項13に記載のプラズマシステム。

【請求項15】 前記少なくとも1つの電源からの電力を受け取る第2プラズマ結合素子をさらに有し、

前記第1および第2被記憶振幅は、前記第1プラズマ結合素子により生じるアーキングを受けるプラズマシステムに対応し、前記第3および第4被記憶振幅は、前記第1プラズマ結合素子により生じるアーキングを受けるプラズマシステムに対応することを特徴とする請求項13に記載のプラズマシステム。

【請求項16】 前記第1および第2被記憶振幅は、第1アーキング領域においてアーキングを受けるプラズマシステムに対応し、前記第3および第4被記憶振幅は、第2アーキング領域においてアーキングを受けるプラズマシステムに対応することを特徴とする請求項13に記載のプラズマシステム。

【請求項17】 前記少なくとも1つの電源からの電力を受け取る第2プラズマ結合素子をさらに具備することを特徴とする請求項16に記載のプラズマシステム。

【請求項18】 前記中央処理装置は、

検出されたアーキング激しさ、

前記第1プラズマ結合素子および前記第2プラズマ結合素子のうちの1つである、検出されたアーキング原因、

検出されたアーキング領域、

のうちの1つを決定するために、神経回路網、および、前記第1および第2比較

を利用するためのプロファイラのうちの1つを具備することを特徴とする請求項12に記載のプラズマシステム。

【請求項19】 前記少なくとも1つの電源を制御するための電力制御装置をさらに具備し、

前記電力制御装置は、前記検出されたアーキング激しさ、前記検出されたアーキング原因、前記検出されたアーキング領域のうちの1つが潜在的に有害であるかどうかを前記中央処理装置が判断するときに、前記少なくとも1つの電源により供給された電力量を低減させることを特徴とする請求項18に記載のプラズマシステム。

【請求項20】 前記少なくとも1つの電源を制御するための電力制御装置をさらに具備し、

前記振幅データは、第3の被記憶振幅と第4の被記憶振幅とをさらに有し、

前記第3および第4被記憶振幅は、前記所定の第1および第2周波数の副帯にそれぞれ対応し、

前記判断手段は、前記第1および第2被記憶振幅を測定し、その一方で、前記電力制御装置は、第1電力レベルを供給するために前記少なくとも1つの電源を制御し、

前記判断手段は、前記第3および第4被記憶振幅を測定し、その一方で、前記電力制御装置は、前記第2の動作中に第2電力レベルを供給するために前記少なくとも1つの電源を制御し、

前記プラズマシステムは、所定の順序に従って、前記第1および第2電力レベルを印加することを特徴とする請求項12に記載のプラズマシステム。

【請求項21】 前記中央処理装置は、アーキング激しさ、アーキングの位置、アーキングイベントの頻度のうちの1つを決定するために、前記第1および第2比較を利用するための比較器を具備することを特徴とする請求項12に記載のプラズマシステム。

【請求項22】 前記中央処理装置は、ある時間内に複数のアーキングイベントを検出するための検出器を具備し、前記時間の長さを測定し、かつ、前記複数のアーキングイベントの数を決定し、これにより、検出されたアーキングイベ

ント頻度を決定することを特徴とする請求項12に記載のプラズマシステム。

【請求項23】 第1電力レベルを前記第1プラズマ結合素子に供給するために前記電源を制御し、かつ、前記第1電力レベルとは異なる被ディザー電力レベルを前記第1プラズマ結合素子に供給するために前記電源を制御するための電力制御装置をさらに具備し、

前記変換器手段は、前記被ディザー電力レベルに起因する被ディザー応答信号の被ディザー成分の被ディザー振幅を測定し、

前記被ディザー成分は、前記所定の第1周波数の副帯内にあり、

前記変換器は、

検出されたアーキング激しさ、

前記第1プラズマ結合素子および前記第2プラズマ結合素子のうちの1つである、検出されたアーキング原因、

検出されたアーキング領域、

のうちの1つを決定するために、前記第1被検出振幅と前記被ディザー振幅とを比較するための比較器を具備することを特徴とする請求項12に記載のプラズマシステム。

【請求項24】 プラズマシステムにおけるアーキングを検出するための方法であって、

第1電源から、第1プラズマ結合素子を有するプラズマ発生回路へ電力を印加することにより、プラズマ領域を生成する段階と、

前記第1電源から印加された前記電力に基づいて受信信号を得る段階と、

前記受信信号が所定の周波数帯域において成分を有しているかどうかを判断することにより、アーキングを検出する段階と
を具備することを特徴とする方法。

【請求項25】 前記検出段階は、前記受信信号の周波数成分の振幅が所定値を超えたときにアーキングを検出する副次的段階をさらに具備することを特徴とする請求項24に記載の方法。

【請求項26】 前記副次的検出段階は、前記電源の基本周波数と該基本周波数の高調波周波数とを除く周波数において前記周波数成分を検出することを特

徵とする請求項25に記載の方法。

【請求項27】 前記受信信号を得る段階は、

受信されたアナログ信号を低減するために前記受信信号をサンプリングする段階と、

前記受信されたアナログ信号を、ディジタル受信信号に変換する段階と、

前記ディジタル受信信号を、高速フーリエ変換を用いて周波数帯域に変換する段階と

を具備することを特徴とする請求項26に記載の方法。

【請求項28】 前記変換段階は、いつ周波数帯域信号の振幅が所定値を超えるのかを判断する副次的段階を具備することを特徴とする請求項27に記載の方法。

【請求項29】 前記受信信号を得る段階は、より低い周波数信号およびDC信号のうちの1つを供給するために、前記受信信号をダウンコンバートする段階を具備することを特徴とする請求項24に記載の方法。

【請求項30】 前記受信信号を得る段階は、前記プラズマ領域に結合された信号感知素子から前記受信信号を得る副次的段階を具備することを特徴とする請求項24に記載の方法。

【請求項31】 前記検出段階は、

(a) 所定の第1周波数の副帯内における前記受信信号の第1被検出成分の第1被検出振幅を測定する段階と、

(b) 所定の第2周波数の副帯内における前記受信信号の第2被検出成分の第2被検出振幅を測定する段階と、

(c) 前記所定の第1周波数の副帯に対応する第1被記憶振幅と前記所定の第2周波数の副帯に対応する第2被記憶振幅とを有する振幅データを、メモリに記憶する段階と、

(d) 前記第1被検出振幅と前記第1被記憶振幅とを比較する段階と、

(e) 前記第2被検出振幅と前記第2被記憶振幅とを比較する段階と
を具備することを特徴とする請求項24に記載の方法。

【請求項32】 (f) 前記所定の第1周波数の副帯に対応する第3被記憶

振幅と、前記所定の第2周波数の副帯に対応する第4被記憶振幅とを記憶する段階と、

(g) 第1の記憶されたアーキング激しさを受けるプラズマシステムに対応する第1および第2被記憶振幅を記憶する段階と、

(h) 第2の記憶されたアーキング激しさを受けるプラズマシステムに対応する第3および第4被記憶振幅を記憶する段階と、

(i) 前記第1被検出振幅と前記第3被記憶振幅とを比較する段階と、

(j) 前記第2被検出振幅と前記第4被記憶振幅とを比較する段階と、

(k) 前記段階 (d) 、 (e) 、 (i) 、 (j) に応じて、検出されたアーキング激しさを決定する段階と

を具備することを特徴とする請求項31に記載の方法。

【請求項33】 (f) 前記第1電源から、第2プラズマ結合素子を有する前記プラズマ発生回路へ電力を印加することにより、前記プラズマ領域を生成する段階と、

(g) 前記所定の第1周波数の副帯に対応する第3被記憶振幅と、前記所定の第2周波数の副帯に対応する第4被記憶振幅とを記憶する段階と、

(h) 前記第1プラズマ結合素子により生じたアーキングを受けるプラズマシステムにさらに対応する前記第1および第2被記憶振幅を記憶する段階と、

(i) 前記第2プラズマ結合素子により生じたアーキングを受けるプラズマシステムに対応する前記第3および第4被記憶振幅を記憶する段階と、

(j) 前記第1被検出振幅と前記第3被記憶振幅とを比較する段階と、

(k) 前記第2被検出振幅と前記第4被記憶振幅とを比較する段階と、

(l) 前記段階 (d) 、 (e) 、 (j) 、 (k) に応じて、前記第1および第2プラズマ結合素子のうちのどちらがアーキングを生じさせたのかを判断する段階と

を具備することを特徴とする請求項31に記載の方法。

【請求項34】 (f) 前記所定の第1周波数の副帯に対応する第3被記憶振幅と、前記所定の第2周波数の副帯に対応する第4被記憶振幅とを記憶する段階と、

(g) 第1アーキング領域においてアーキングを受けるプラズマシステムに対応する第1および第2被記憶振幅を記憶する段階と、

(h) 第2アーキング領域においてアーキングを受けるプラズマシステムに対応する第3および第4被記憶振幅を記憶する段階と、

(i) 前記第1被検出振幅と前記第3被記憶振幅とを比較する段階と、

(j) 前記第2被検出振幅と前記第4被記憶振幅とを比較する段階と、

(k) 前記段階(d)、(e)、(i)、(j)に応じて、前記第1および第2アーキング領域のうちのどちらにおいてアーキングが生じるのかを判断する段階と

を具備することを特徴とする請求項3-1に記載の方法。

【請求項3-5】 (f) 第2電源から、前記プラズマ発生回路の第2プラズマ結合素子へ電力を印加することにより、前記プラズマ領域を生成する段階と、

(g) 前記所定の第1周波数の副帯に対応する第3被記憶振幅と、前記所定の第2周波数の副帯に対応する第4被記憶振幅とを記憶する段階と、

(h) 前記第1プラズマ結合素子により生じたアーキングを受けるプラズマシステムにさらに対応する前記第1および第2被記憶振幅を記憶する段階と、

(i) 前記第2プラズマ結合素子により生じたアーキングを受けるプラズマシステムに対応する前記第3および第4被記憶振幅を記憶する段階と、

(j) 前記第1被検出振幅と前記第3被記憶振幅とを比較する段階と、

(k) 前記第2被検出振幅と前記第4被記憶振幅とを比較する段階と、

(l) 前記段階(d)、(e)、(j)、(k)に応じて、前記第1および第2プラズマ結合素子のうちのどちらがアーキングを生じさせたのかを判断する段階と

を具備することを特徴とする請求項3-1に記載の方法。

【請求項3-6】 前記段階(d)および段階(e)は、

検出されたアーキング激しさ、

前記第1プラズマ結合素子および前記第2プラズマ結合素子のうちの1つである、検出されたアーキング原因、

検出されたアーキング領域、

のうちの1つを決定する段階を具備することを特徴とする請求項31に記載の方法。

【請求項37】 前記検出されたアーキング激しさ、前記検出されたアーキング原因、前記検出されたアーキング領域のうちの1つが潜在的に有害であるときに、前記第1電源により供給された電力量を低減させる段階をさらに具備することを特徴とする請求項36に記載の方法。

【請求項38】 第2電源から第2プラズマ結合素子へ電力を印加する段階をさらに具備し、

前記段階(d)および段階(e)は、

検出されたアーキング激しさ、

前記第1プラズマ結合素子および前記第2プラズマ結合素子のうちの1つである、検出されたアーキング原因、

検出されたアーキング領域、

のうちの1つを決定する段階を具備することを特徴とする請求項31に記載の方法。

【請求項39】 ある時間内に複数のアーキングイベントを検出する段階と

前記時間の長さを測定する段階と、

前記複数のアーキングイベントの数を決定する段階と、

アーキングイベントの検出された周波数を判断するために、前記長さと前記数とを用いる段階と、

今後のアーキング戦しさおよび今後のアーキングイベント頻度のうちの1つを予測するために、前記アーキングイベントの検出された周波数を用いる段階とをさらに具備することを特徴とする請求項31に記載の方法。

【請求項40】 (f) 第1電力レベルを前記第1プラズマ結合素子に提供するために、前記第1電源を制御する段階と、

(g) 前記受信信号を、前記段階(f)と同時に得る段階と、

(h) 前記第1電力レベルとは異なる被ディザー電力レベルを前記第1プラズマ結合素子に提供するために、前記第1電源を制御する段階と、

(i) 被ディザー応答信号を、前記段階(i)と同時に、前記プラズマ発生回路から得る段階と、

(j) 前記所定の第1周波数の副帯内における、被ディザー応答信号の被ディザー成分の被ディザー振幅を測定する段階と、

(k) 検出されたアーキング激しさ、
前記第1プラズマ結合素子および前記第2プラズマ結合素子のうちの1つである、検出されたアーキング原因、
検出されたアーキング領域、
のうちの1つを決定するために、前記第1被検出振幅と前記被ディザー振幅とを比較する段階と
をさらに具備することを特徴とする請求項31に記載の方法。

【発明の詳細な説明】**【0001】****【他の同時係属中の出願の参照】**

この非暫定的な出願は、1997年9月17日に出願されたSerial No.60/059,151（この内容は、本明細書に組み込まれている）に対し、米国特許法第35編119条（e）の下で優先権を主張する。この出願は、"System and Method for Monitoring and Controlling Gas Plasma Processes"(Serial No.60/059,151)と、"Electrical Impedance Matching System and Method"(Serial No.60/059,176)とに関連している。双方の出願は、さらに、この出願は、"System and Method for Monitoring and Controlling Gas Plasma Processes"(Serial No._____, Attorney Docket No.2312-742-6YA WO)と、"Electrical Impedance Matching System and Method"(Serial No._____, Attorney Docket No.2312-741-6YA WO)とに関連している。これらの出願は、双方とも本明細書と同日に出願され、かつ、参考として本明細書に組み込まれている。

【0002】**【発明の属する技術分野】**

本発明は、プラズマ発生システムに関し、かつ、より詳細には、半導体ウェーハのような基板を処理するためにプラズマを利用するシステムに適用可能である。

【0003】**【従来の技術】**

多くの電気的装置または固体製造装置において、プラズマは、半導体ウェーハのような基板と反応する。プラズマ処理システムは、例えば、プラズマ（処理）を開始しつつ保持するための無線（RF）電力を、誘導性および／または容量性のプラズマ結合素子（plasma coupling element）により気体内に送られるRF電力とともに用いる。例によれば、図1Aに示されるように、導電ループまたは螺旋コイル5は、誘導性プラズマ結合素子として機能することができる。図1Bに示されるように、電極、すなわち1組の電極5E1, 5E2は、容量性プラズマ結合素子として機能することができる。

【0004】

プラズマを発生させるためには、幾つかの段階が必要とされる。最初に、図1Aおよび図1Bに示されるように、気体は、気体入口6を介して処理チャンバ1へ供給される。出力インピーダンス R_s を備えるRF電源3は、RF電力をプラズマ結合素子（例えば、図1Aにおけるコイル5、図1Bにおける電極5E1, 5E2）へ供給し、次に、このプラズマ結合素子は、前記処理チャンバのある一定領域（プラズマ領域2）において、気体をプラズマに励起する。次に、プラズマは、半導体ウェーハ4のような基板を処理するために用いられる。多くの従来システムは、電気的な整合回路網（matching network）を介してRF電力を供給する。Miller & Kamonに付与された米国特許第5, 325, 019号明細書は、プラズマの状態を監視しつつアクセスするための周波数における情報を用いる方法を示している。さらにTurner等（米国特許第5, 576, 629号明細書）、Gesche & Vey（米国特許第5, 025, 135号明細書）、Patrick等（米国特許第5, 474, 648号明細書））をも参照のこと。

【0005】

プラズマは、しばしば、図3に示されるように、“異常グロー状況（abnormal glow regime）”として知られる、前記プラズマの電流-電圧特性の一部分において保持される。この状況において、高密度の電極およびイオンが存在しつつ重大な電界もまた存在するので、プラズマは、通常は、前記異常グロー状況に隣接する、電流-電圧特性の一部分において生じるアーキング（arcing）の影響を受け易い。アーキングは、通常は著しい量にわたって拡がった、プラズマ内における電流流れ領域が、集中したアーキング電流を有する非常に局所化した領域（アーキング領域と称される）において衰弱する状態である。アーキング中に、ワット損（power dissipation）の高い集中と、アーキング領域内の電子とイオンにより達成される高速とに起因して、システム構成要素の基板の表面は、イオンまたは電子の注入によって、表面のスパッタリングおよび/または局部加熱によって、変えられるか、または、損傷を受けることがある。

【0006】

損傷を殆どまたは全く生じさせない低い歎しさ（low-severity）の時折のア-

キングが、プラズマ処理システムの正常動作中に生じるが、高い激しさ (high-severity) でより頻繁なアーキングが、より劣った性能、または、処理されている回路の故障さえも引き起こし得る重大な問題となり得る。さらに、激しい (severe) アーキングは、処理システムのうち 1 つ以上の構成要素に損傷を与えることがあり、これにより、高価な構成要素を取り替える必要がある。さらに、処理システムについては、損傷を受けた構成要素を取り替えかつ／またはアーキング問題を矯正するために、停止する必要がある。システム内の構成要素が、即座に取り替えを必要とするほどの損傷を受けていなくても、チャンバ、電極、あるいは他の構成要素の表面の点食 (pitting) は、粒子を生じさせ、これにより、システムまたは基板が汚染される。さらに、静電チャック (electrostatic chuck) を用いるシステムにおいて、アーキングは、ウェーハをチャックに取り付ける電界を混乱させ、これにより、ウェーハがチャックから取り外されるかまたは切り離された状態となる。

【0007】

高い激しさのアーキングは、光のフラッシュとして時々可視であるが、アーキングが見るのは十分に激しい状態であれば、システムまたは基板は、おそらくはもう既に損傷を受けている。さらに、低いまたは穏やかな激しさのアーキング（これらは、より激しいアークの前兆となり得る）は、しばしば検出し難い。さらに、アーキングは、例えば、プラズマ処理システム内における 1 つ以上の構成要素（または基板）に蓄積した過度の電力またはローカライズされた不純物／汚染のような種々の理由により生じ得る。さらに、いったんアーキングが生じると、後続のことによるとさらに激しいアーキングが生じる可能性がより高くなる。

【0008】

アーキングを予測することの困難さに起因して、従来のシステムは、アーキングにつながり得る状態を避けるために、時々、比較的低いかまたは安全な電力において実行される。しかしながら、処理の中には、控えめな (conservative) 電力レベルを用いて、前兆となるかまたは最適に実行されないものもある。さらに、RF 電力を控えめに用いることを実施しても、必ずしも効果的とは限らない。

その理由は、安全な動作範囲が必ずしも決定されるとは限らず、さらに、アーキングが種々に理由により生じ得るためである。安全な動作範囲を決定することの困難さは、システムが汚染されかつ正常な使用状態から低下するにつれてシステムがますますアーキングを受けやすくなるという傾向により増長される。

【0009】

グロー放電内においてアークを検出する方法を説明する最初の特許出願の1つは、Oppelによるもの（米国特許第4, 193, 070号明細書）である。この中で、制御システムは、放電電圧および電流を監視する。電圧が閾値より下方に落ちかつ電流が閾値の上方に上がったときには、アークは生じたと称される。他の幾つかの特許出願は、放電電圧および／または電流、これらの変化率、および／または電気信号におけるあらゆるランダムな異常（anomaly）を監視することに対し、同様の方法に従っている。Teschnerによる米国特許第5, 192, 894号明細書、Anderson等による米国特許第5, 241, 152号明細書、Drummondによる米国特許第5, 427, 669号明細書、Maassによる米国特許第5, 611, 899号明細書（本明細書において以後“‘899号特許”）を参照のこと。特に、‘899号特許は、“激しい”アークを防止する方法も示しており、ここで、AC電源は、幾つかの定義された状態を感知した後にアークを回避するように調整されている。次に、大きなアークについては、場合によっては、基板に損傷を与えかつ処理を中止するものとして解釈される。さらに、前記アーク感知方法は、プラズマ結合素子の電圧と、その変化率とを監視することに制限されている。

【0010】

多くの領域における予測および制御の両方のために、神経回路網（neural network）が用いられてきた。エッティング処理の終点（endpoint）を予測するために半導体処理において神経回路網を用いることについては、Maynard等により、“Plasma etching endpointing by monitoring RF power systems with an artificial neural network”（Electrochem.Soc.Proc.,95-4,p189-207,1995）と、“Plasma etching endpointing by monitoring radio-frequency power systems with an artificial neural network”（J.Electrochem.Soc.,143(6)）とにおいて論じられ

ている。システムモニターは、幾つかの電気的成分（特に、送信電力、反射電力（reflected power）、整合回路網におけるコンデンサ値、直流バイアスなど）を観測するように訓練され、かつ、これらの性質を、エッチング処理の終点と相関させている。ここで、終点は、エリプソメータ（ellipsometer）を介して決定され、かつ、ユーザーによる入力を介してプログラムされていた。本質において、神経回路網は、予測可能性を確立するために、幾つかの測定可能な変数の相互関係を、イベントの発生と相関させる手段を示す。

【0011】

神経回路網の1つの用途は、システムの特徴づけである。電気的特性を特徴づける試みを示す文献は多数ある。Logan, Mazza & Davidseによる "Electrical characterization of radio-frequency sputtering gas discharge" (J.Vac. Sci. Technol., 6, p.120(1968))、Godyakによる "Electrical characteristics of parallel-plate RF discharges in Argon" (IEEE Transactions on Plasma Sci., 19(4), p. 660(1991))、Sobolewskiによる "Electrical characterization of radio-frequency discharges in the Gaseous..." (J.Vac. Sci. Technol., 10(6)(1992)) を参照のこと。多変量解析を用いたエッチング処理のリアルタイム制御に関しては、Fox & Kappuswamy (米国特許第5, 479, 340号明細書) を参照のこと。

【0012】

従来技術においては、通常の監視および制御システムは、即座に電力入力を停止することと、幾つかの場合においては、アークを消すべくアーキング電極を横切る反対符号（opposite sign）の電圧を放電するためのスイッチを活性化させることにより、アークの発生を抑制する。この例は、Teschner (米国特許第5, 192, 894号明細書)、Anderson等 (米国特許第5, 241, 152号明細書)、Sturmer & Teschner (米国特許第5, 281, 321号明細書)、Drummond (米国特許第5, 427, 669号明細書)、Lantsman (米国特許第5, 584, 972号明細書) を含む。しかしながら、多くの場合において、これらの特許出願は、既に基板または処理ハードウェアに損傷を与えてしまったアークに対する応答の方法について開示している。

【0013】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の目的は、特に高密度プラズマを用いたプラズマ処理の実行中においてアーキングの発生を制御しかつ防ぐことができるよう、アーキングを検出し、特徴づけ、かつ／または、低減させることができるシステムおよび方法を提供することである。

【0014】

【課題を解決するための手段】

プラズマの電気的特性に固有の非線形性に起因して、プラズマと結合された単一周波数のRF電源は、プラズマと該プラズマを発生させるための回路とにおいて高調波信号（すなわち、RF電源の基本周波数の倍数または高調波における成分）を生成する。本発明によれば、アーキングが生じていないときに、基本周波数および高調波周波数以外の周波数においては信号が殆どまたは全く存在しないことが認識される。しかしながら、アーキング中においては、信号は、基本周波数および高調波周波数以外の周波数において生成される。アーキング信号は、通常は、広帯域特性を有しており、かつ、基本波より下方の周波数成分と、基本波と最も低い高調波との間の周波数成分と、高調波間の周波数成分とを有している。

【0015】

本発明のある特徴によれば、前記アーキング信号については、アーキングイベントの発生頻度および／または大きさの表示をもたらすために、測定しかつ用いることができる。さらに、アーキング信号のプロファイル(profile)を頻度の閾値として構成する技術が、アーキングを生じさせる素子、システム内におけるアーキング作用の位置、アーキングの激しさ、および／または、アーキングイベントの発生頻度に関する情報を供給できることが認識される。同様に、神経回路網については、アーキングを検出または予測し、かつ、アーキングを生じさせる素子を識別し、かつさらに、処理の近似的リアルタイム制御(near-real time control)をもたらすために訓練することができる。

【0016】

激しいアーキングイベントまたは一連の頻繁に発生するイベントの後に、RF

電力については、アーキングを抑制するために一時的に中断し、かつ、所定の時間後に復帰させることができる。次に、人間のオペレータまたは自動中央制御装置に対し、電力が中断されたという警告が与えられる。滅多に起こらないかまたは激しさのより少ないアーキングイベントに対しては、さらなる行動をとることが必要となり得る。頻繁なまたはより激しいアーキングイベントに対しては、オペレータまたは自動中央制御装置に対し、システムがまもなく修理されるべきであるという警告が与えられる。さらに一層頻繁かつ／または激しいアーキングに対しては、オペレータまたは自動中央制御装置に対し、システムが直ちに修理を必要とするという警告が与えられる。システムまたは基板が即刻損傷を受ける危険性がある最も頻繁なまたは最も激しいアーキングに対しては、システムは自動的に停止される。

【0017】

本発明は、プラズマ処理システムにおけるアーキングの有害な影響に対して改善された保護を提供し、かつ、アーキングがシステムに損傷を与える前にアーキングの検出（または予測）と抑制とを可能にする。さらに、本発明は、アーキング問題に関する詳細な診断も提供する。これらの特徴は、従来のシステムにおいては利用可能ではなく、かつ、システムまたは基板に対する損傷を低減させることにおける実質的な恩恵をもたらすことができる。さらに、アーキングをより良好に制御することにより、システムは、アーキングを防ぐための安全なマージン内において動作するよりも、基板の処理に最適な範囲において動作することができる。さらに、処理システムについては、より効率的に動作させることができる。その理由は、アーキング情報については、いつメンテナンスが必要とされるのかを判断しあつ最も都合のよい時にメンテナンスを実行するために利用することができ、これにより、処理工程中においてメンテナンスのために装置を停止させる必要性を回避／低減するためである。

【0018】

本発明は、RFプラズマソースの動作中にアークの存在を監視しあつ検出する2つの方法について述べている。第1の方法は、プラズマに結合された種々の電気的構成要素から抽出された電気信号の周波数含有量を監視する。基本RF駆動

周波数（通常は13, 56MHz）に加えて、信号は、プラズマに固有の非線形性の性質に起因して、高調波周波数において存在する。さらに、プラズマシステムの電気的構成要素におけるアーキングの発生は、広帯域周波数含有量を信号において発生させる。したがって、周波数領域（詳細には、高調波周波数間における周波数空間）の副帯（sub-band）を、アークを検出しあつこれらの力を評価するために用いることができる。第2の方法は、第1の方法と関連しており、RF入力のディザーリング（dithering）に対する周波数含有量の応答を観測することである。

【0019】

さらに、本発明は、RFプラズマチャンバにおけるアークの発生を予測しあつ防ぐための、神経回路網に基づく方法を提供する。神経回路網の使用は、種々のバラメータ、電気的バラメータ、エッチング／沈着（deposition）バラメータ、圧力などの間における関係（これらの関係がアークの発生を示す）を学習するようシステム（RFプラズマ電気システムを監視するために用いられるコンピュータシステムおよび装置）を“訓練すること”を必要とする。実際に、アークの大きさおよび頻度と、これらのアークの位置とについては、システムの‘訓練’レベルまたはRFシステムの特徴に応じて予測可能となり得る。回路網の構成要素に関する、相互に関連する傾向または性質に基づいて、アークは、検出され、かつ、防止される。この性質については、“マイクロアーク”、すなわち、（処理の成功を危険にさらし、または、ウェーハに深刻な損傷をもたらすことさえある）大きなまたは激しいアークの発生に先立つ一連の小さな振幅アークとして認識することができる。

【0020】

【発明の実施の形態】

本発明とそれに付帯する利点とに関するより完全な理解は、以下の詳細な説明、特に添付図面と関連して考慮された場合の説明を参照して明らかとなる。

【0021】

以下、図を参照すると（これらの図において、同一の参照番号は、幾つかの図を通して、同一のまたは対応する部分を示している）、図1Aおよび図1Bは、

RF発生式 (RF-generated) プラズマ処理を実行する処理チャンバの例を概略的に示す。RF電力については、図1Aに示されるように誘導的にまたは図1Bに示されるように容量的にのいずれかで、処理チャンバ内において結合することができる。(塩素や酸素のような) 気体は、気体入口6を通して処理チャンバ1内に導入される。出力インピーダンスRsを備えるRF電源3は、RF電力をプラズマ結合素子(これらのプラズマ結合素子は、図1Aにおけるコイル5、図1Bにおける電極5E1, 5E2であってもよい)へ供給する。(電力が供給されるさらなるプラズマ結合素子は、バイアスシールドと静電チャックとを備えることができる。) RF電力は、前記チャンバの領域2においてプラズマを形成し、かつ、プラズマは、ウェーハ4のような加工物と反応する。本発明はRF発生式プラズマを参照して説明されているが、本発明の種々の特徴はRF以外の周波数において動作する電源を有するシステムにも適用可能であることが理解されるべきである。

【0022】

図2に示されるように、RFソースからプラズマ結合素子への電力伝送を供給するために、インピーダンス整合回路網20が用いられる。この回路は、プラズマ結合素子(例えば、図1Aのコイル5)の入力インピーダンスを変換し、これにより、(プラズマにおける状態に依存する)このインピーダンスは、RFソース3の出力インピーダンスにより近接して整合する。電気プローブまたは感知素子を、プラズマ発生回路22の少なくとも1つのノードに接続することにより、プラズマ状態に関する情報を、このノードに存在する電気信号から得ることができる。接続については、プラズマ結合素子(ノードN4)、整合回路網のノード(ノードN2, N3, またはN4)、整合回路網に接続されたケーブル(ノードN1, N2)、RFソース(ノードN1)のうちのいずれかまたは組み合わせに対して行うことができる。あるいはまた、電気信号については、プラズマに結合されているがプラズマに電力を供給しない他の信号感知素子により受け取ることができる。例えば、誘導性ループまたはコイル(例えば、ループアンテナ)または容量性プローブ(例えば、ワイヤまたはダイポールアンテナ)を信号感知素子として用いてもよい。

【0023】

図5A～図5Cに示されるように、受信された信号は、通常は、プラズマの非線形性により生じる幾つかの大きな高調波成分 f_2 , f_3 , f_4 , f_5 , f_6 の他に、RFソースの基本周波数 f_r において大きな成分を有する。アーキングが生じていないときには、図5Aに示されるように、他の重要な成分は通常は存在しない。しかしながら、アーキング波形の形状は、RFソースにより生成される波形の形状とは一般的に間違していないので、アーキング信号は、通常は、RFソースの基本波および高調波には間違していない周波数における成分を有する。幾つかの場合には、図5Bに示されるように、アーキング信号は広帯域特性を有し、かつ、周波数の広範囲にわたって存在している。より明確には、図5Cに示されるように、特定の対象帯域B1内において、受信された信号の成分は、アーキングが生じた場合に副帶(SB1, SB2)において現れる。図5Cに示されるように、アーキング信号の特定の周波数成分の振幅は、その周波数に依存し得る。

【0024】

本発明のある特徴によれば、基本波および高調波以外の受信された信号の成分が、アーキングを検出するために測定される。基本波より下方と、基本波と最も低い高調波との間と、高調波間とにおける周波数スペクトルの部分は、プラズマ制御装置77(図10および図11)により観測される。現在好ましい実施形態においては、プラズマ制御装置77は、受信された信号を得てかつ該信号をデジタル形式に変換する変換器77Aを有している。周波数スペクトルの前述部分の周波数において受信された信号成分の振幅が所定の第1閾値よりも大きければ、プラズマ制御装置は、人間のオペレータまたは図10に示される中央制御装置78に、アーキングイベントが検出されたという表示を与える。前述の受信された信号成分の振幅が、より高い第2閾値よりも大きければ、プラズマ制御装置は、処理を停止することがある。

【0025】

さらに、図11に示されるように、プラズマ制御装置は、RF電源を制御する電力制御装置77Cの他に、変換器から振幅情報を受け取る中央処理装置77Bを有することができる。受信された信号の成分の振幅が、前述の第2閾値のよう

な所定値を超えると、中央処理装置77Bは、1つ以上のRF電源から供給される電力を低下させるかまたは1つ以上のRF電源を停止するように、電力制御装置77Cに命令することができる。

【0026】

図11は、本発明によるプラズマ制御装置の例示的な実施形態を示す。プラズマ制御装置77は、変換器77Aと、中央処理装置77Bと、電力制御装置77Cとを有する。受信された信号は、受信信号入力ポート7702を介して変換器77A内に送られる。変換器77Aは、受信された信号の種々の成分を処理し、かつ、結果として生じた処理信号を、デジタルポート7780を介して中央処理装置77Bへ送る。中央処理装置77Bは、他のデジタルポート7790を介して命令を電力制御装置77Cへ送る。電力制御装置77Cは、電力制御装置出力ポート7704において、RF電源を制御するための信号を供給する。中央処理装置77Bは、RF電源をターンオンし、RF電源をターンオフし、または、RF電源により供給された電力量を変化させるように、電力制御装置77Cに命令することができる。図12に示される好ましい実施形態においては、変換器77Aは、受信信号入力ポート7702において受信されたアナログ信号をデジタル形式に変換するA/D変換器77A1のみを有する。アーキングを検出/予測するために必要とされる精度のビット数については、処理に特有のものであってもよく、かつ、A/D変換器77A1の選択に影響を及ぼし得る。さらに、サンプリング速度は、A/D変換器77A1に関する最大許容可能設定時間を表す。（デジタル形式に）変換された信号は、中央処理装置77Bへ出力される。A/D変換器77A1および中央処理装置77Bは、ともに、各々の副帯におけるエネルギーを決定するために、高速フーリエ変換（FFT）を用いて、変換された信号を処理する。副帯におけるエネルギーを決定する方法は、従来技術において公知であり、かつ、David L.Nicholsonにより“Spread Spectrum Signal Design”（この文献は、メリーランド州ロックビルのComputer Science Pressにより出版されており、かつ、本明細書に参照として組み込まれている。）において教示されている。

【0027】

図13は、本発明による変換器77Aの他の実施形態を示す。変換器77Aは、受信信号入力ポート7702を介して受信信号を得て、信号分割装置77A2において受信信号を分割し、かつ、分割された信号をA/D変換装置77A3において変換する。

【0028】

図14は、信号分割装置77A2の実施形態を示す。信号は、スプリッタ7745内に送られ、このスプリッタ7745は、前記信号を、チャンネルCH₁～CH_nに供給される複数の分割された信号に分割する。この例においては、分割信号は、複数のダウンコンバータ(downconverters) DCR₁～DCR_nに送られ、これらのダウンコンバータDCR₁～DCR_nは、チャンネル7761～776nを有する処理信号ポート7760においてダウンコンバート(DC)された信号を供給するために、分割信号をダウンコンバートする。各々のダウンコンバータDCR₁～DCR_nは、周波数スペクトルの異なる部分(すなわち、異なる副帯)をダウンコンバートする。図14は信号処理装置の3つのチャンネルのみを示しているが、4つ以上の周波数の副帯に対応する4つ以上のチャンネルを備えてもよいことは明白である。

【0029】

図15は、本発明によるA/D変換装置77A3の例を示す。この例においては、処理された(例えば、ダウンコンバートされた)信号は、チャンネル7761～776nを有する処理信号ポート7760を介して受信される。ダウンコンバートされた信号は、複数のアナログ/デジタル変換器A/D1～A/D_nにより測定され、これらのアナログ/デジタル変換器A/D1～A/D_nは、測定結果をデジタル形式で、チャンネル7781～778nを有するデジタルポート7780を介して供給する。図15はA/D変換装置77A3の4つのチャンネルのみを示しているが、任意の数のA/D変換器に対応する任意の数のチャンネルを備えてもよいことは明白である。

【0030】

図6Aは、ダウンコンバータ回路が用いられる場合の現在好ましい実施形態を示す。本発明によれば、このダウンコンバータを、周波数スペクトルの一部を測

定するために用いることができる。プラズマに結合された回路から受信された信号は、例えば、局部発振器ソース65と、ミキサーM1と、抵抗 R_{6A} とコンデンサ C_{6A} とを有する低域フィルタを有するヘテロダイン回路を用いたダウンコンバータにより、DC信号にダウンコンバートされる。入力信号 V_i は、ミキサーの無線周波数(RF)端子に送られ、かつ、局部発振器(LO)信号は、ミキサーのLO端子に送られる。ミキサーの中間周波数(IF)端子からの信号は、出力電圧 V_o を生成するために、上述の(R_{6A} , C_{6A} を有する)低域フィルタに送られる。結果として生じるダウンコンバートされかつフィルタリングされた信号は、考慮されている周波数帯域の一定の周波数の帯域における受信信号の成分の振幅を示す。図6Aの回路は、プラズマ制御装置に備えられる制御装置の1チャンネルとして機能することができる。さらに、スペクトルの種々の周波数成分を、変換器内における複数のダウンコンバート・チャンネル(これらのチャンネルは、各々が異なる局部発振器周波数を有している)を用いてダウンコンバートし、かつフィルタリングすることができる。ダウンコンバートされかつフィルタリングされた、変換器により供給された信号は、A/D変換装置に送られこのA/D変換装置は、プラズマシステムにおいてアーキングを検出しつつ特徴づけるために、ダウンコンバートされかつフィルタリングされた各々の信号を測定し、かつ、前記各々の信号が1つ以上の所定の閾値より上方にあるかどうかを判断する。

【0031】

あるいはまた、受信された信号については、フィルタを備えた簡単な整流回路を用いてダウンコンバートしてもよい。このような回路の例は、図6Bに示されており、かつ、ダイオードD1と、(抵抗 R_{6B} とコンデンサ C_{6B} とを有する)低域フィルタとを有している。図6Bの整流回路が用いられる場合には、整流回路の入力 V_i の前に、帯域フィルタを用いて周波数スペクトルの所望部分が選択される必要がある。図6Bの回路については、プラズマ制御装置の変換器内に備えてもよい。

【0032】

図10は、本発明を適用することができる処理システムの例を示す。この例においては、誘導性コイル5A、容量性バイアスシールド5B、ウェーハ4を保持

するためのチャック（例えば、静電チャック）5Cという3つのプラズマ結合素子がシステム内に存在する。チャックの1つの目的はウェーハを保持することであるが、RF電力をプラズマに供給するためにこのチャックを用いることもできる。各々のプラズマ結合素子は、RFソース（3A, 3B, 3C）から電力を受け取ることができ、これらのRFソースの各々は、供給された電力の振幅および周波数において、個々に調整可能である。イオンエネルギー変調（IEM）を用いるシステムにおいて、チャックへ送られた電力の周波数は、プラズマ結合素子へ送られた電力の周波数（例えば、13, 56MHz）よりはるかに低くてもよい（例えば、500kHz）。図10のシステムは例として供給されており、かつ、本発明の種々の特徴については、アーキングが問題となっている他のシステムにおいても都合よく利用することができる事が理解されるべきである。例えば、本発明については、1つのプラズマ結合素子のみを有するシステムや、スペッタリングソースを有するシステムにおいても利用することができる。

【0033】

前記プラズマ制御装置77は、図20に概略的に示されたコンピュータシステムであってもよい。コンピュータシステム1100は、中央処理装置(CPU)1106（例えば、インテル社ペンティアム、インテル社ペンティアムII、Dec社アルファ、IBM社/モトローラ社???PC）と、メモリ1108（例えば、DRAM, ROM, EPROM, SRAM, フラッシュRAMなど）と、他の選択的な特殊目的の論理装置（例えば、ASIC）または機器設定可能な論理装置（例えば、GALおよび再プログラム可能なFPGA）とを備えるマザーボード1104を収容するハウジング1102を有している。さらに、本発明によれば、コンピュータシステムは、種々の整合回路網80A~80C（図10）から信号を受け取るためのアナログ-ディジタル（A/D）入力1126を有する。さらに、このコンピュータは、中央制御装置78（図10）と通信するための通信ポート1128を有する。コンピュータ1100は、複数の入力装置（例えば、キーボード1122およびマウス1124）と、モニタ1120を制御するための表示カード1110とをさらに有する。さらに、コンピュータシステム1100は、フロッピーディスクドライブ1114と、他のリムーバブル（remova

b) メディア装置（例えば、コンパクトディスク 1119、テープ、リムーバブル磁気光学メディア（図示せず））と、ハードディスク 1112 または他の適切なデバイスバス（例えば、SCSI パスまたはエンハンスト IDE パス）を用いて接続された固定の高密度メディアドライブとを備える。コンパクトディスク 1119 は CD キャディ内に示されているが、コンパクトディスク 1119 を、キャディを必要としない CD-ROM ドライブ内に直接的に挿入することもできる。さらに、高密度メディア装置と同じデバイスバスまたは他のデバイスバスに接続されているので、コンピュータ 1100 は、追加的に、コンパクトディスク 読取装置 1118、コンパクトディスク読取／書き込み装置（図示せず）またはコンパクトディスク・ジュエラボックス（図示せず）を備えることもできる。さらに、プリンタ（図示せず）は、訓練または製造工程にわたっての RF 電力レベルやアーキング作用の記録のようなプラズマ制御装置の動作に関連した重要な情報の印刷コピーを供給することができる。

【0034】

さらに、前記コンピュータシステムは、少なくとも 1 つのコンピュータにより読み取り可能な媒体 (computer readable medium) を有する。このようなコンピュータにより読み取り可能な媒体の例は、コンパクトディスク 1119、ハードディスク 1112、フロッピーディスク、テープ、磁気光学ディスク、PROM (EPROM, EEPROM, フラッシュ RAM)、DRAM、SRAM などである。

【0035】

前記コンピュータにより読み取り可能な媒体のうちの任意の 1 つに、または、前記媒体を組み合わせたものに記憶されているので、本発明は、コンピュータ 1100 のハードウェアを制御しつつコンピュータ 1100 が人間のユーザーや制御されたシステムと相互伝達することを可能にするためのソフトウェアを備える。このようなソフトウェアは、デバイスドライバ、オペレーティング・システム、開発ツールや（グラフィカル）システムモニタのようなユーザー・アプリケーションと備えてもよいが、これらに制限されるものではない。さらに、このようなコンピュータにより読み取り可能な媒体は、本発明によれば、スペクトル・ブ

ロフマイリング (spectral profiling)、神経回路網制御、ファジー制御、または、他の任意の非線形制御方法に従うプラズマ制御装置を動作させるためのコンピュータプログラムを備える。

【0036】

前記プラズマ制御装置は、遠隔コンピュータとして機能することができ、かつ、オペレータがホストコンピュータに“ログオン (log on)”することを許容することができる。前記ホストコンピュータは、中央制御装置78(図10)であってもよく、かつ、この特定の処理だけでなく、製造ラインにおける他の処理も制御することができる。図20におけるようなホストコンピュータは、処理の実行中にオペレータが行なうことが許容されている可能な選択を制限することもでき、これにより、高度に訓練されたオペレータさえも必要とせずに、オペレータによるエラーの危険性を低減させている。同様に、他の実施形態においては、プラズマ制御装置は、クライアントサーバ・プログラムのようなGUTIを介して、または、(CGI Scripts, Active X components, Javascriptを有する) WWWインターフェースを用いて制御される。

【0037】

当業者には明白なように、本発明については、従来の汎用デジタルコンピュータまたは本明細書の教示に従ってプログラムされたマイクロプロセッサを用いて便宜的に実行することができる。ソフトウェア技術の当業者には明らかのように、適切なソフトウェア・コーディングについては、本発明の開示内容の教示に基づいて準備することができる。さらに、当業者には容易に明白となるように、本発明については、特定用途向け集積回路を準備するか、または、従来の構成回路の適切なネットワークを組み込むことにより実行することができる。さらに、図10のプラズマ制御装置77および中央制御装置78については、単一の制御装置内に備えることができ、これらプラズマ制御装置77および中央制御装置78の全ての機能を実行することができることが明白であるべきである。この単一の制御装置は、図20のシステムに類似したコンピュータシステムであってもよく、この中において、プラズマ制御装置の機能は、第1のソフトウェア方法の指示の下で実行され、かつ、中央制御装置の機能は、第2のソフトウェア方法の指

示の下で実行される。

【0038】

図5Cに示されるように、第1の副帯SB1におけるアーキング信号の第1成分の振幅については、第2の副帯SB2における第2成分の振幅とは著しく異なっている。本発明の有利な特徴の1つによれば、アーキング信号の異なる周波数成分の振幅を解析することにより、プラズマ制御装置は、処理を停止すべきか、および／または、オペレータまたは中央制御装置78(図10)に警告を与えるべきかどうかに関する判断を行うことができる。詳細には、プラズマ制御装置77については、該プラズマ制御装置77を非線形神経回路網として機能させることにより実際の処理中に収集されたデータを用いて訓練することができる。このような神経回路網であれば、プラズマの非線形特性に応答し、かつ、ノイズがあって不十分なデータを用いてアーキングを適切に検出／防止するのによく適している。さらに、本発明の都合のよい“スペクトル・プロファイリング”特徴によれば、処理中に発生した異なるアーキング信号の周波数成分の振幅を、既知のスペクトル・プロファイリングのデータベース内の1組の振幅データと比較することにより、プラズマ制御装置がアーキングを検出／防止できることが認識されている。さらに、双方の方法を用いて、プラズマ制御装置は、アーキングの激しさ、位置、および原因を決定することができ、かつ、処理が進行すればより激しいアーキングが起こりそうな状態かどうかを判断することができる。

【0039】

図5Cの例において、考慮されている帯域B1は、基本周波数 f_r と第2高調波周波数 f_2 とを有している。あるいはまた、より狭いまたは広い帯域を用いることもできる。一例によれば、対象帯域は、完全に第2高調波 f_2 と第3高調波 f_3 との間に(間にいかなる高調波も介さずに)存在することができる。他の例によれば、対象帯域は、該帯域の上方周波数(upper frequency)より下方の全ての高調波の他に、基本周波数を含むして、DCから第6高調波 f_6 の上方の周波数まで及んでもよい。さらに、対象領域は、幾つかの高調波を有してもよいが、システムは、これらの高調波を含みかつその周囲にある領域を無視することがある。

【0040】

本発明の神経回路網の特徴によれば、図7は、プラズマ制御装置77の一部として用いられる神経回路網の構成を示す。神経回路網については、中央制御装置78を用いて、ハードウェアまたはソフトウェアのいずれかにおいて実行することができる。本発明の訓練段階において、神経回路網は、入力層において、一連の入力を受信し、かつ、これらの入力に、(例えば、ランダムな、一様な)初期の重み付けに従って重み付けをする。入力値は、正常な処理の間に集められ、かつ、訓練中に記憶される。示されているように、他に可能性のある入力としては、各々の副帯のためのエネルギー、RFソースの周波数、位相、およびエネルギー、プラズマの圧力、クリーニングからの時間、最後のアーケークからの時間がある。最後のクリーニングからの時間は、静的マッピング(static mapping)を有することよりも、神経回路網が、時刻に対するアーキング状態の変化を辿ることを可能にする。最後のアーケークからの時間は、実際は、特定のクロック間隔において更新される一連のn個の値である。これらの入力測定値の各々は、定期的に取られ、かつ、訓練有効データ(training validation data)として記憶される。測定値が取られる際に、システムの状態もまた記憶される。測定された入力と既知の出力とを用いて、当業者には明白であるように、システムを、任意の数の神経回路網アルゴリズムを用いて訓練することができる。十分な数の訓練サイクルは、システムが有効データを用いてテストされる場合に(特定の誤差範囲内の)所望の結果を正しく出力すべくシステムの初期の重み付けを更新するために実行される。無関係なデータについては、出力を参照して各々の入力に対して感度分析を実行することにより除去することができる。入力数を減らすことにより、今後の訓練の能率を上げることができ、かつ、性能全体が向上する。次に、神経回路網については、エラーを予測/検出するために、さらには、アーキング前にRF電力入力を低下させることによりエラーを回避するためにさえも用いることができる。同様に、神経回路網については、システムがもはや正常に動作していないことをいつプラズマ制御装置77が検出したのかを、中央制御装置78に知らせるために用いることができる。

【0041】

本発明の“スペクトル・プロファイリング”特徴によれば、アーキングの激しさ、位置、および／または原因に関する情報については、オペレータまたは中央制御装置に警告を与えるべきかどうか、および／または、処理を終了させるべきかどうかを判断するために用いることができる。例えば、(1)アーキングが激しい、(2)壊れ易い構成要素近傍に位置においてアーキングが生じている(または生じそうである)、(3)より激しいアーキングが生じそうである、のような状態であれば、処理を終了させることができる。さらに、または、他には、神経回路網または“スペクトル・プロファイリング”的いずれかからの情報は、システムが、アーキングまたは激しいアーキングが生じそうな状態にどれだけ近づいているのかを示すことができる。例えば、アーキングイベントに損傷を与えずに現在の処理工程を完了できるが次の処理工程においてアーキングイベントの損傷が生じる可能性があることを情報が示せば、現在の処理工程と次の処理工程との間においてメンテナンスを実行することができる。結果として、次の処理工程に関する損傷および／または中断を回避することができる。

【0042】

スペクトル・プロファイリングを用いる場合に、周波数成分の振幅を、データベース内の振幅データと直接的に比較することができるか、または、プラズマ結合素子のうちの1つ以上に供給されたRF電力の振幅を僅かに変動または“ディザー(dither)”する間に比較することができる。最初のRF電力振幅から生じた受信信号は、異なる(すなわち、ディザーされた)RF電力振幅から生じた“ディザーされた応答信号”とは異なる。電力を1つの要素にディザーし、かつ、例えば他の要素の被ディザー応答信号を観測することにより、システム内のアーキングを、より特徴づけることができる。例えば、穏やかなアーキング状態の下では、あるプラズマ結合素子E1に供給された電力を1%増加させることにより、第2プラズマ結合素子E2からのアーキング信号の成分の振幅が1%増加する。より激しいアーキング状態の下では、E1に供給された電力を1%増加させることにより、E2からの前述の成分の振幅が2%増加する。

【0043】

第1素子に供給されたRF電力の振幅をディザーし、かつ、被ディザー第2要素

素の応答信号を観測することに加えて、ある素子に供給された電力の振幅をディザイナーし、かつ、同じ素子からの被ディザイナー応答信号成分を測定することによっても、同様の効果が見られる。さらに、RF電力振幅をディザイナーする効果は、アーキングの激しさ、アーキングが生じている領域（すなわち、アーキング領域）だけではなく。どのプラズマ結合素子がアーキングを生じさせているのかにも依存する。特定の被ディザイナー応答信号プロファイルは、特定のアーキングの激しさ、特定のアーキング要因、および／または、特定のアーキング領域に対応する。結果的に、検出された（すなわち、測定された）被ディザイナー応答プロファイルを記憶された被ディザイナー応答信号に整合させることにより、検出されたアーキングの激しさ、検出されたアーキング要因、および／または、検出されたアーキング領域を決定することができる。

【0044】

通常のアーキング状態のデータベースは、処理中に集められ、かつ、コンパイルされる。このデータベースを発生させるための手順の一例は、図8および図9に示された流れ図により示される。与えられたシステムは、該システム用のデータベースを構築するための種々の動作条件の下でテストされる。このシステムは、新たに設計されたシステムであってもよく、かつ、データについては、装置製造段階の直前に得ることができ、これにより、データベースおよび制御ソフトウェアを、装置の製造段階において実行することができる。あるいはまた、既存の装置に対し、特定の形式／様式の装置用のデータベースを得ることができ、これにより、データベースおよび制御ソフトウェアを、旧型装置を改装することに基づいて供給するか、または、新たに生成された前記形式または様式の装置に備えることができる。図8および図9に示された例においては、3つのプラズマ結合素子を備えたシステム特徴づけられる（すなわち、後で処理工程において利用することができる“マップ”を供給するためにデータベースが形成される）。このテストに関して変化しているパラメータは、3つのプラズマ結合素子に供給されたRF電力のそれぞれの量である。この例における手順が3つの電力レベルのみを変化させる一方で、テスト手順は他のパラメータを変化させることができる。これらのパラメータは、前記プラズマ結合素子に供給されているRF電力信号の

それぞれの周波数および位相を有しているが、これらに制限されるものではない。さらに、データベース内のデータは、最後のメンテナンスが実行されてからの処理工程またはサイクルの数に関する情報を有することができ、これにより、システム構成要素の汚染および／または機能低下の結果として生じるアーキングの発生（頻度および／または激しさ）に関する情報が供給される。

【0045】

図8および図9のデータベース発生手順によれば、各々のプラズマ結合素子に供給されたRF電力の振幅、周波数、および位相は、システムを特徴づけるために、有用な動作範囲全体にわたって系統的に変化する。プラズマに結合された回路から受信された信号は、測定され、かつ、テストされた電力状態の各々の組に対して、アーキング信号の周波数スペクトル（すなわち、基本波および高調波以外の成分）を特徴づけている振幅データは、“スペクトル・プロファイル”としてデータベースに記憶される。図8および図9に示されるように、段階700は、RF電力以外のシステムパラメータ（例えば、気体混合物および圧力）を所望の値に初期化する。段階701は、全てのRF電力レベルをゼロに初期化する。段階702は、 P_3 を所定量（すなわち、 P_3 に関しては1電力段階）だけインクリメントする。次に、段階703において、 P_2 が、1（または1電力段階）だけインクリメントされる。段階704において、 P_1 が1電力段階だけ増加する。段階705において、現在の電力レベルに対応するスペクトル・プロファイル（このスペクトル・プロファイルは、1つ以上の周波数成分の振幅を有する）が測定されかつ記憶される。さらに、段階705は、現在の電力レベルを記憶する。段階706において、プラズマに結合された回路から受信された信号成分の振幅は、アーキングが生じたかどうか（すなわち、1つ以上の振幅が所定の閾値を超えたかどうか）を検出するために測定される。アーキングが検出されれば、手順の流れは段階707へ進み、段階707は、アーキングの激しさおよび／または頻度を検出する。アーキングの激しさについては、段階706において測定された前述の振幅を考慮するか、または、幾つかの場合において、例えば光センサのような、非常に激しいアーキングを検出するのに十分敏感であり得る、さらなる器具を利用することにより決定することができる。何のアーキングも検出され

なければ、段階710は、 P_1 の最終値（すなわち、データベースを得ることにおいて情報が望まれる最も高い値）に到達したかどうかを判断する。 P_1 の最終値に到達した場合には、段階711において P_2 はゼロに設定され、かつ、段階703において P_2 は次の値にインクリメントされる。

【0046】

段階707において激しくかつ頻繁なアーキングが検出される（すなわち、アーキング信号振幅のうち1つ以上が“激しいアーキング”閾値を超え、かつ／または、アーキングイベントが所定の範囲よりも頻繁に生じている）と、全ての電力レベルをゼロに設定する段階716が実行される。アーキングイベントの頻度については、例えば、特定の期間内に発生するアーキングイベントの数をカウントすることにより決定することができる。

【0047】

段階716が終了した後に、段階717は、どの電力レベルの変化が、または、どのプラズマ結合素子が、激しいアーキングを引き起こしたのかを決定するために、アーキングの前後の3つの電力レベルの記録の他に、激しいアーキングと関連したスペクトル・プロファイルをデータベースに記憶する。段階718において、システムは、損傷受けた部分を検査され、これらの部分は取り替えられる。前記検査の結果は、特定のアーキング状態の下でどの部分が損傷を受ける可能性があるのかについての判断を補助するために、どの部分が取り替えられたのかに関する記録とともにデータベースに入力される（段階726）。次に、段階719において、システムの電力レベルは、アーキングを生じさせなかつた P_2 、 P_3 の最終値まで傾斜をつけられる（ramped）。これらの“非アーキング”値は、データベースから得られる。段階720において、これら P_2 、 P_3 に対する P_1 の最大許容可能値を有する（データベース内の）記録が更新される。次に、手順は段階703へ戻り、段階703は、 P_2 を次の値にインクリメントし、かつ、手順を進める。

【0048】

段階707において、激しいまたは頻繁なアーキングは検出されなければ、手順の流れは、 P_1 をゼロに設定する段階708へ進む。段階709において、 P_2

は、所望の最終値かどうかを判断するために検査される。そうでなければ、システムは段階703へ戻り、かつ、手順が進められる。 P_2 が最終値であれば、システムは、段階712において、 P_3 が、情報が所望する最終値にあるかどうかを判断するために検査する。最終値でなければ、システムは段階702へ戻り、かつ、手順が進められる。 P_3 がその最終値にあれば、システムは、段階713を実行し、段階713は、例えば異なる気体混合物または圧力のような他の処理パラメータに関する異なる状態の下でテストを繰り返すかどうかを判断するために検査する。そうであれば、段階714において適切な処理状態が変更され、かつ、段階701へ戻ることによりテストが繰り返される。他のどのパラメータも変更する必要がなければ、手順は終了する（段階715）。

【0049】

前述のテスト手順は、複数のRF電力振幅の下でシステムをテストすることにより実行されるが、他のテスト手順を実行することもできる。さらに、例えば、気体混合物、気体の圧力、RF位相、およびRF周波数のような他のパラメータについても、図7～図9に対応する上述の説明において電力状態が記録されかつ変化したのと同じ方法で、系統的に記録するかまたは変化させることができる。さらに、系統的に変化させることができないパラメータであって、システムのルーチン動作の副作用（例えば、幾つかの処理工程の経過にわたる、システムの汚染／機能低下）であるパラメータの種々の条件の下で、システムをテストすることができます。システムが汚染／機能低下状態になる速度については、アーキングデータと相関させることができ、これにより、アーキングが生じるまで、または、アーキングがより頻繁にまたは激しくなるまで実行することができる段階／サイクルの処理に関する適切な数の表示が与えられる。したがって、都合のよい時にメンテナンスを予定することができる。

【0050】

前述の手順は、有限数の離散的ポイント（すなわち、電力特性に関する有限数の値）を供給するが、サンプリングされたデータポイント間における条件の下で予想されることになるスペクトル・プロファイルについては、実際に収集されてきたデータの範囲によって決定することができる。重要なデータポイントは、穩

やかなアーキングが生じる状態の他に、アーキングの兆候に非常に近い状態を有している。穏やかなアーキングが生じていることと、このようなアーキングがより激しいアーキングの前兆であることとを示すデータポイントは、特に重要である。他の重要なデータポイントは、システム内における特定の成分がテスト中に損傷を与えられた状態を有することができる。その理由は、損傷を受けた構成要素を検査することにより、与えられたスペクトル・プロファイルが損傷についての警告をシステム内の特定の構成要素に与えるかどうかに関する表示が与えられるためである。

【0051】

基板を処理するためにシステム（このシステムのためにデータベースが得られている）が利用されるときに、プラズマに結合された回路から受信された信号のスペクトル・プロファイルは、定期的または連続的に監視されている。次に、処理工程中に得られたデータは、アーキングの存在および／または激しさを、または、激しいアーキングが差し迫っているかまたは生じそ�であるかどうかを判断するために、データベースに記憶された既知のスペクトル・プロファイルの組と比較される。本発明の選択的な特徴によれば、処理工程中に得られたデータについては、神経回路網またはデータベースを定期的に更新するために用いることができる。例えば、処理工程中または一連の処理工程後に、正常な応答を推定するがウエーハに損傷を与えてしまったか、または、データベースのデータから変化するようなデータが得られれば、システムの実際の性能を、神経回路網または記憶されたデータベースを変更するために利用することができる。本発明の他の選択的な特徴によれば、神経回路網またはデータベースを発生させるために用いられる手順に類似した日常的テスト手順（daily test procedure）については、神経回路網またはデータベースを更新するために、かつ／または、システムが適切に動作することを保証するために実行することができる。日常的テストは、前述されかつ図7～図9における例により示された神経回路網の訓練手順またはデータベース発生手順に類似していてもよい。あるいはまた、日常的テストは、神経回路網の訓練手順またはデータベース発生手順よりも包括的でなくてもよい（すなわち、日常的テスト手順は、より小規模な状態セットの下でシステムをテスト

してもよい)。例えば、 P_1 、 P_2 、 P_3 の初期値については、より高い値に設定してもよく、かつ／または、 P_1 、 P_2 、 P_3 の最終値については、より低いレベルに設定してもよく、これにより、システムは、日常的テスト手順において、データベース発生手順におけるよりも小範囲の電力レベルにわたってテストされる。さらに、 P_1 、 P_2 、 P_3 が日常的テスト手順中においてインクリメントされる値については、データベース発生手順における値よりも大きくてもよく、これにより、日常的テスト手順中に収集されたデータポイントの数を減らしている。

【0052】

あるいはまた、定期的テスト手順を、1日1回以上またはそれ以下の頻度で実行してもよい。例えば、所定数の処理工程の後に、スペクトル情報が得られ、かつ、ある状態の組が、激しいアーキングの始まりにどれだけ近づいているのかを判断するために用いられる。また、同じ組の状態は、アーキング、激しいアーキング、または頻繁なアーキングの可能性がより多く存在するプロファイルにより近いプロファイルを生成する。アーキング、激しいアーキング、またはより頻繁なアーキングの可能性がより多く存在することをプロファイルが示すときに、メンテナンスが必要とされるという表示が、オペレータまたは中央制御装置に与えられる。

【0053】

所定の組の動作パラメータ(例えば、電力レベル)に関しては、所定の処理に関する動作パラメータが、おそらくはアーキングを生じさせることになる動作パラメータから離れていれば、予想されるスペクトル・プロファイルは、非常に小さなアーキング信号からなっているか、または、アーキング信号を全く有していないてもよい。しかしながら、特定の処理が、測定可能な量のアーキングが決まって(routinely)生じるよう著しく高い電力レベルを必要とすれば、予想されるスペクトル・プロファイルは、著しいアーキング信号を有していてもよい。この決まったアーキングに関しては、スペクトル・プロファイルのある一定の周波数成分が他の成分よりも大きな振幅となるように予想してもよい。処理工程中に観測された、周波数の関数としての広帯域信号の測定された振幅は、データベース内のプロファイルに厳密に似ることになる。

【0054】

本発明のある特徴によれば、ある素子または位置に置いて生じるアーキングは、システムの他の素子により生じ得ることが認識されている。例えば、システムの特徴づけおよびテスト中に神経回路網が訓練されているかまたはデータベースが発生しているときに、所定の組の状態が、電極E₁におけるアーキングという結果となるように観測される。さらに、E₁におけるアーキングが、E₂への電力の増加に基づいて（または、場合によっては、E₂の他の状態の変化（例えば、材齢、汚染など）の結果として）開始することが決定される。訓練／発生手順中に収集された情報に基づいて、訓練された出力または測定されたプロファイルは、それぞれ、処理工程中のE₁におけるアーキングについては、E₂のメンテナンス／取り替えが必要とされることをオペレータに知らせるために利用できる、ということを示している。さらに改善した場合においては、特定の素子の様々な位置（すなわち、素子の特定の位置）におけるアークの原因を、アーキングイベントに関する原因または最も確からしい原因と相關させることができる。

【0055】

本発明のスペクトル・プロファイル監視特徴のさらなる様相によれば、測定されたプロファイルが、特定の正確度の範囲内でデータベース内のプロファイルと整合しなければ（すなわち、現在測定されている受信信号の周波数成分の振幅が、所定レベルの精度の範囲内でデータベース内の振幅と整合しなければ）、プラズマ制御装置は、補正作用を行ってもよい。プロファイル同士の不整合の激しさに応じて、プラズマ制御装置は、オペレータに警告するか、または、激しい場合には処理を中断する。元のプロファイルからの、処理の一定量の偏差が、システムの材齢として、かつ、日常的な使用によりチャンバーが徐々に汚染されるものとして予想されることを特筆しておく。この偏差を監視しあつこの偏差に応答するための手順の例は、図16および図17に示される。

【0056】

手順の開始（段階900）に基づいて、プラズマ制御装置は、アーキングイベントの頻度が、アーキングの激しさについての受入可能なレベルを決定するための基準として選択されたかどうかを判断するために検査する（段階924）。選

択されていれば、アーキングイベントの頻度が測定される（段階918）。例えば、アーキングイベントの頻度については、例えば、特定の期間内に発生するアーキングイベントの数をカウントすることと、期間の存続時間を測定することにより決定することができる。あるいはまた、アーキングイベントの頻度については、イベント間の時間量に基づいて決定することができ、前記イベント間の時間量については、2つのアーキングイベント間において時間測定を行うか、または、このような時間測定を複数回行いかつ平均を計算することにより決定することができる。

【0057】

前記アーキングイベント頻度は、偏差レベル（レベル1～3）を決定するために（段階920において）用いられ、この偏差レベルは、検出されたプロファイルが記憶されたプロファイルからどれだけ離れているかを定義するために、後で用いられる。記憶されたプロファイルからの、検出されたプロファイルの偏差は、最初に、検出された信号の種々の周波数成分の振幅が、データベース内における対応する振幅から離れている量を測定し、かつ次に、振幅間の偏差に対して数学的演算（重み付き平均）を実行することにより決定される。

【0058】

段階924において、レベル1～3を決定するためにアーキングイベント頻度が選択されていなければ、レベルは所定値に設定され、かつ、手順は段階901へ進む。段階901において、信号はプラズマ制御装置により受信され、プラズマ制御装置は、種々の周波数成分の振幅を測定し、かつ、これらの測定値に基づいて、検出された（すなわち、測定された）プロファイルを構成する（段階902）。現在行われている処理に対して予想されたプラズマ状態に対応する、記憶されたプロファイルが、データベースから検索される（段階903）。各々の検出された（すなわち、測定された）周波数成分の“検出された”振幅は、記憶されたプロファイルにおける“記憶された”振幅と比較され、これにより、記憶された振幅データからの、検出された（すなわち、測定された）振幅の偏差が決定される（段階904）。各々の記憶された振幅は、特定周波数の副帯に対応する。本発明の選択的な特徴によれば、検出されたアーキング信号の振幅と、記憶さ

れたアーキング信号の振幅との間の偏差（段階904において決定されている）については、オペレータが辿り、かつ、表示することができる。

【0059】

記憶された振幅データからの、検出された振幅の偏差が、所定の第1精度レベルを超えるければ（段階905）何の補正作用も行われず、かつ、オペレータに何の警告も与えることなく、手順は段階912へ進む。偏差がこの第1精度レベルを超えたが、第2精度レベルを超えていなければ（段階906）、システムがまもなくメンテナンスを必要とする可能性があるという警告が、オペレータに与えられる（段階913）。偏差がより激しいが緊急事態ではない（すなわち、段階908において、所定の第3レベルを超えていない）場合には、オペレータは、システムが直ちにメンテナンスを必要としているという警告を与えられる（段階914）。ことによってはアーキングの激しさが損傷を与える可能性がある（すなわち、システムまたは加工物に対してまもなく損傷が発生する危険性がある）という最も激しい場合には（段階908）、プラズマ制御装置は、その電力制御装置を、RF電源の停止動作を実行するために利用することができ、これにより、処理が停止される（段階910）。

【0060】

さらに、システムは、アーキングイベントの発生頻度を辿ることもできる。この発生頻度が所定値を超えるれば、警告がオペレータまたは中央制御装置に与えられる。激しい場合には、システムを停止させることもできる。この特徴は、図18の流れ図に示される。ルーチンの開始に基づいて（段階900B）、アーキングイベントの発生頻度が測定される（段階901B）。この頻度が、所定の第1レベルを超えるれば（段階905B）、手順は段階906Bへ進む。そうでなければ、手順は終了する（段階912B）。段階906Bは、アーキングイベント頻度が、前記第1レベルよりも高い所定の第2レベルを超えたかどうかを判断する。アーキング頻度が第2レベルを超えていなければ、オペレータは、システムがまもなくメンテナンスを必要とする可能性があるという警告を与えられ（段階913B）、かつ、手順は終了する（段階912B）。段階906Bにおいて、アーキングイベント頻度が第2レベルを超えるれば、手順は908Bへ進み、段階9

08Bは、アーキングイベント頻度を、前記第2レベルよりも高い所定の第3レベルと比較する。第3レベルが超えられていなければ、システムが直ちにメンテナンスを必要としているという警告がオペレータに与えられ（段階914B）、かつ、手順は終了する（段階912B）。アーキングイベント頻度が第3レベルを超えるば、アーキングは、ことによつてはシステムまたは加工物に対して損傷を与えるものと考慮され、かつ、プラズマ制御装置は、その電力制御装置を、停止手順を実行するために利用することができ、これにより、処理が停止される（段階910B）。

【0061】

さらに、データベースについては、図19に示されるように、アーキングイベントに関する情報（例えば、アーキングの激しさ、原因、および／または位置）を提供するために用いることができる。手順の開始（段階900C）に基づいて、信号は、プラズマ制御装置に受信され、プラズマ制御装置は、受信された信号の種々の周波数成分の振幅を測定し（段階901C）、かつ、これらの測定値に基づいて、検出された（すなわち、測定された）プロファイルを構成する（段階902C）。データベースは、検出されたプロファイルと整合する記憶されたプロファイルを見つけるために検索される（段階930C）。より明確には、受信された信号の（第1周波数の副帯内の）第1周波数成分の、第1の検出された振幅は、データベースからの第1の記憶された振幅（これは、前記第1周波数の副帯に対応している）と比較される。さらに、受信された信号の（第2周波数の副帯内の）第2周波数成分の、第2の検出された振幅については、データベースからの第2の記憶された振幅（これは、前記第2周波数の副帯に対応している）と比較することができる。さらに、受信された信号の種々の周波数成分の振幅を、データベース内に記憶された種々の振幅と比較することは、2つの副帯のみに制約されるとは限らない。さらに、他の副帯内における周波数成分の振幅については、前記他の副帯に対応するデータベースからの振幅と比較することができる。

【0062】

検出されたプロファイルに整合する、記憶されたプロファイルが見つけられれば（段階932C）、アーキングの激しさ、アーキングの原因、および／または

アーキング領域に関する情報がデータベースから受信される（段階936C）。アーキングの激しさ、原因、および／または位置は、感知／検出されたデータを経験的に得られたデータと相関させることにより決定される。例えば、アーキングの激しさについては、（1）決まって生じるが、損傷を与える結果とはならず、また、より激しいアークにつながることもないアーキング、（2）軽い損傷を生じさせるかまたは全く損傷を生じさせないが、より激しいアークにつながること（すなわち、激しいアーキングの前兆）が経験的に示されるアーキング、（3）損傷を生じさせる激しいアーキング、という3つのレベルに類別することができる。アーキングの原因是、アーキングを生じさせる構成要素に対応し、かつ、例えば、非アーキング状態からアーキング状態への変化を生じさせた（テスト中に）変化した構成要素を識別することにより決定され得る。識別された成分に間違したデータはデータベースに記憶される。次に、処理工程中に得られたデータについては、製造工程中に得られたデータをテスト中に得られたデータと比較することにより、アーキングを生じさせる素子または構成要素を識別するために用いることができる（すなわち、テストデータが、アーキングを生じさせる素子または構成要素を特徴づける）。アーキングの領域は、アーキングイベントが生じる位置に対応し、かつさらに、製造工程中に得られたデータを、テスト中に得られかつ予めテストデータと相関させられたデータと比較することにより決定される。

【0063】

図19の例においては、アーキングの激しさ、原因、および／または領域に関する情報は、オペレータまたは中央制御装置に表示され（段階938C）、かつ、手順は段階940Cへ進む。段階940Cは、アーキングの激しさ、原因、および／または領域に基づいて、アーキングが有害である可能性がある（すなわち、システムまたは加工物に損傷を与える可能性がある）かどうかを判断する。そうであれば、電力制御装置は、RF電源により供給されたRF電力を低減させか、または、RF電源を停止させる（段階910C）。次に、手順は終了する（段階912C）。段階940Cにおいて、アーキングが有害である可能性があると判断されなければ、手順は、RF電力を低減または停止させずに終了する（段階

912C)。段階932Cにおいて、測定されたプロファイルと整合する、データベース内に記憶されたプロファイルが見つからなければ、整合が見つからなかつたという警告がオペレータまたは中央制御装置に与えられ(段階934C)、この地点において手順は終了する(段階912C)。

【0064】

R F電力状態は一定であるが、アーキングの激しさおよび／または頻度は時間によって変化し得ることが認識されている。より明確には、ある一定の条件の下で、アーキング激しさのレベルは、増加を防ぐための段階が行われていなければ、増加し得る。さらに、ある一定の条件の下で、アーキングイベントの頻度は、適切な測定が行われていなければ増加し得る。図8および図9において説明されたデータベース発生手順の間に、アーキングの激しさおよび頻度が時間によってし得る条件に関する情報をデータベースに記憶することができる。(図19に示されるように)検出されたプロファイルを、記憶されたプロファイルと整合させることと、このプロファイルに関連したアーキングの激しさとアーキングイベント頻度とを考慮することにより、いつアーキング性質がより激しくまたはより頻繁になりそうなのかを予測することが可能である。

【0065】

本発明のさらなる特徴は、プラズマ制御装置がアーキングイベントの激しさおよび頻度を監視し、かつ、ある場合においては処理を一時的に中止させることができることである。単一のアーキングイベントが十分に激しいか、または、アーキングが非序に頻繁に生じれば、プラズマ制御装置は、この情報を、データベースに収集された情報に基づいて、システムまたは加工物が損傷を受ける危険があるという、または、既に損傷を与えられたという兆候として解釈することができる。プラズマ制御装置が、プラズマを一時的に停止することにより問題を解決することができると決定すれば、R F電力は、アークを抑制するために一時的に中断され、次に、所定の時間後に復帰される。アークを抑制するのに必要とされる時間は、システムの特性に依存しており、かつ、図4Aに示されるように、およそ20サイクルのR F電力であってもよい。(プラズマの有無に依存し、かつこれにより、プラズマの停止中に変化する) プラズマ発生回路の電気的Q(qualit

y factor) は、アークを抑制するのに必要とされる時間に変化をもたらすことができる。さらに、RF電力を復帰させるのに必要とされる時間もまた、システムの特性に依存しており、かつ、図4 Aに示されるように、およそ2000サイクルのRF電力であってもよい。プラズマが短時間に停止されれば、適切な警告がオペレータまたは中央制御装置(図10の78)に与えられる。図4 Bに示されるようにアークがより頻繁に生じるかまたはアークがより激しければ、プラズマ制御装置は、問題の激しさに応じて、システムがまもなく修理されるべきであるという信号を、(例えば、表示または音声アラームを備えた)オペレータまたは中央制御装置に送ることができる。最も激しい場合には、プラズマ制御装置は処理を停止する。

【0066】

ある一定条件に対してシステムを停止する他の方法として、激しいアーキングの兆候が回避される(または、メンテナンスを実行できるように十分に遅延される)一方で処理が継続することができるよう、例えば、電力または気体の密度を変化させることも可能である。しかしながら、処理状態が基板処理の設計仕様から逸脱しないように電源を中断することが現在好ましい。

【0067】

前述したように、本発明は、幾つかの測定可能なパラメータの相互関係における繰り返し性傾向に基づいてアークの発生を予測することによりアークの発生を防ぐために神経回路網を用いる方法を提供する。言い換えれば、神経回路網は、いつアークが起こりそうなのかを予測しあつ正確な測定のための時間を提供するために“訓練”される。“マイクロアーク”的検出に対する感度を向上させる1つの方法は、このような電気信号の周波数スペクトルの監視である。マイクロアークは、検出可能であるだけでなく、プラズマシステム内の電気的構成要素の周波数スペクトルを監視することにより予測可能であってもよく、これにより、スペクトル成分を急速に変化させることは、プラズマソース内における非常に歪んでいる(highly straining)電界を示している。電気的構成要素のスペクトルの周波数帯域の関係を理解する、神経回路網に関連するこのようなスペクトル含有量の認識は、今後のアークの発生を、防止のための妥当な時間によって予測する

方法を提供することができる。

【0068】

前述のことから明白なように、本発明は、プラズマ処理システムにおける望ましくないアーキングを防止／制御することを補助する種々の特徴を提供する。従来のシステムは、システムおよび加工物に対する損傷を防ぐには遅すぎる時までアーキングを検出しつつ抑制することが不可能である。対照的に、本発明は、プラズマと結合された回路から受信された信号に基づいてアーキングまたはアーキングの始まりの早期検出を可能にするだけでなく、アーキングの位置および特性に関する詳細な情報を得ることを可能にする。したがって、アーキングの損傷効果に対する改善された保護およびアーキングの原因に関するより優れた診断が達成される。同様に、測定された入力値の解析もまた、システムの不適切な組立てまたは使用のような他の問題を浮かび上がらせる。（神経回路網またはスペクトル・プロファイルを交換可能に用いて）ウェーハをテストすることにより、さらなる問題を検出することもできる。不適切な使用の例としては、ウェーハが不適切に静電チャックに交換されると、受信される高調波において変化が生じる。不適切な取り付けまたは再取り付けを検出することにより、本発明は、システム上における全体的な消費を低減させることができる。

【0069】

明らかに、上述の教示に鑑みて、本発明に関する多くの変更および変形例が可能である。したがって、添付された請求項の範囲内において、本明細書において特定的に説明されたものとは別な方法で、本発明を実施することができることが理解されるべきである。

【図面の簡単な説明】

【図1】 Aは、誘導性RFプラズマシステムの例を概略的に示す図である。Bは、容量性にて駆動されるRFプラズマシステムの例を概略的に示す図である。

【図2】 RF整合回路網の例の概略図である。

【図3】 プラズマの電流～電圧曲線を示す図である。

【図4】 Aは、アーキングの低いまたは穏やかな発生に対する、プラズマに

結合された回路のノードにおける電圧～時間のグラフである。Bは、アーキングの頻繁な発生に対する、プラズマに結合された回路のノードにおける電圧～時間のグラフである。

【図5】 Aは、正常な（アーキングのない）状態で動作しているプラズマシステムから受信された信号の周波数スペクトルの図である。Bは、アーキングが発生しているプラズマシステムから受信された信号の周波数スペクトルのグラフである。Cは、アーキングが発生し、かつ、ある一定の周波数におけるアーキング信号が他の周波数におけるアーキング信号よりも大きい場合のプラズマシステムからの電気信号の周波数スペクトルのグラフである。

【図6】 Aは、スペクトル成分の振幅を測定するための一実施形態において用いられる、ミキサーと低域フィルタとを有する、ダウンコンバーティングとフィルタリング回路とに関する実施形態の概略図である。Bは、スペクトル成分の振幅を測定するための他の実施形態において用いられる、整流ダイオードと低域フィルタとを有する、ダウンコンバーティングとフィルタリング回路とに関する他の実施形態の概略図である。

【図7】 RFプラズマシステムにおけるアーキングを検出／予測するように訓練された神経回路網の概略図である。

【図8】 RFプラズマシステムにおいて用いるためのアーキング情報を収集するために用いられる手順のフローチャートの例である。

【図9】 図8と同様の図である。

【図10】 静電的に遮蔽されたRF(ESRF)システムの例を示す図である。

【図11】 プラズマ制御装置の例のブロック図である。

【図12】 変換器の第1実施形態のブロック図である。

【図13】 変換器の第2実施形態のブロック図である。

【図14】 信号分割装置の実施形態のブロック図である。

【図15】 A/D変換装置の実施形態のブロック図である。

【図16】 RFプラズマシステムにおいてアーキング信号を解析するために用いられる手順のフローチャートの例である。

【図17】 図16と同様の図である。

【図18】 RFプラズマシステムにおいてアーキングイベント頻度を解析するため用いられる手順のフローチャートの例である。

【図19】 RFプラズマシステムにおけるアーキングの激しさ、原因、および／または領域を決定するために用いられる手順のフローチャートの例である。

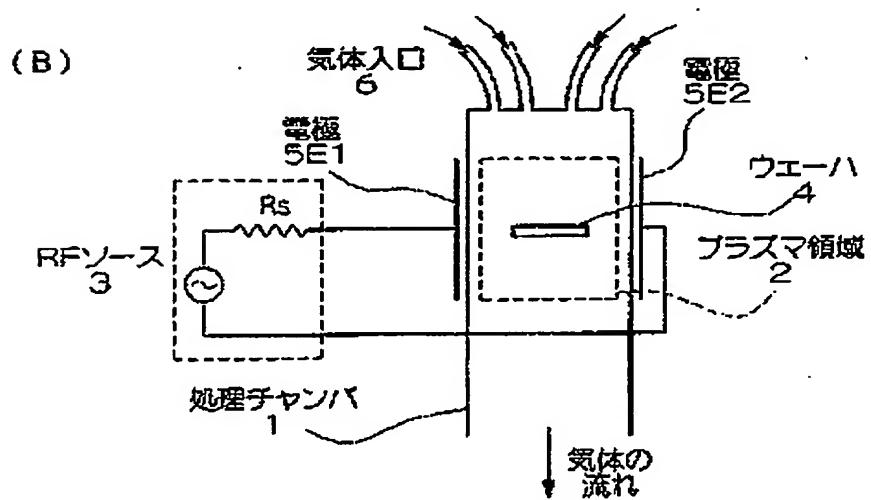
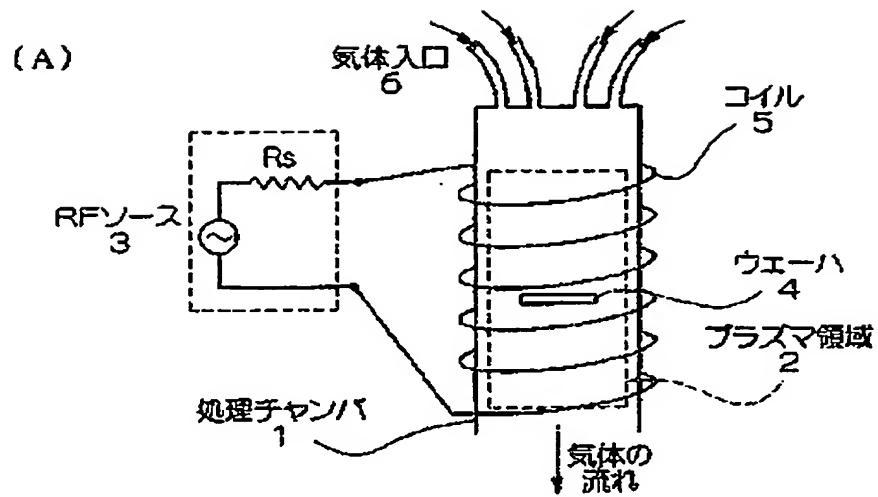
【図20】 プラズマ制御装置または中央制御装置として用いるためのコンピュータシステムの例を概略的に示す図である。

【符号の説明】

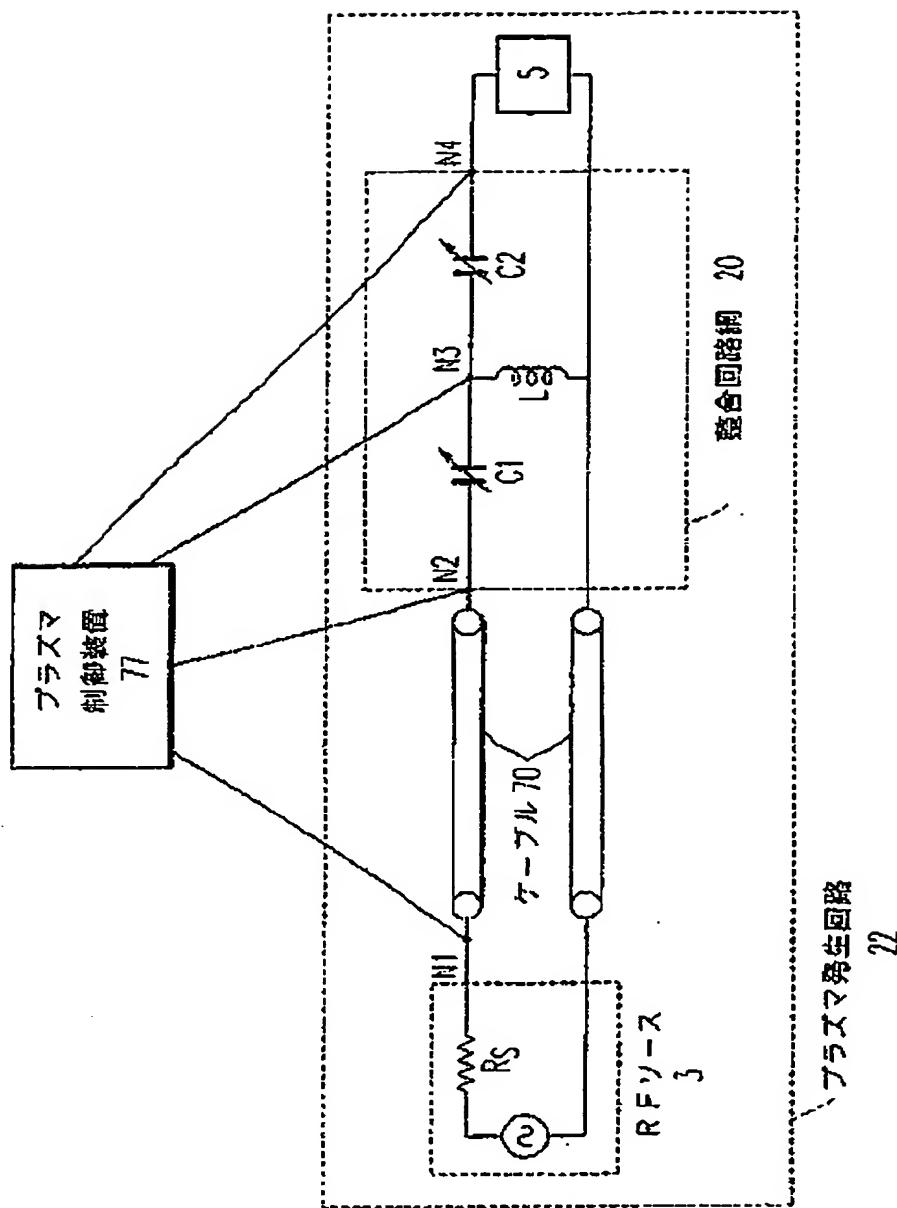
- 1 処理チャンバ
- 2 プラズマ領域
- 3, 3A, 3B, 3C RFソース
- 4 半導体ウェーハ
- 5 コイル
 - 5A 誘導性コイル
 - 5B 容量性バイアスシールド
 - 5C チャック
- 5E1, 5E2 電極
- 6 気体入口
- 20 インピーダンス整合回路網
- 22 プラズマ発生回路
- 65 局部発振器ソース
- 70 ケーブル
- 77 プラズマ制御装置
 - 77A 変換器
 - 77A1 A/D変換器
 - 77A2 信号分割装置
 - 77A3 A/D変換装置
- 77B 中央処理装置
- 77C 電力制御装置

7702 受信信号入力ポート
 7704 電力制御装置出力ポート
 7745 スプリッタ
 7760 処理信号ポート
 7761~776n チャンネル
 7780, 7790 ディジタルポート
 7781~778n チャンネル
 78 中央制御装置
 80A, 80B, 80C 整合回路網
 1100 コンピュータシステム
 1102 ハウジング
 1104 マザーボード
 1106 中央処理装置
 1108 メモリ
 1110 表示カード
 1112 ハードディスク
 1114 フロッピーディスクドライブ
 1118 コンパクトディスク読取装置
 1119 コンパクトディスク
 1120 モニタ
 1122 キーボード
 1124 マウス
 1126 アナログ-デジタル (A/D) 入力
 1128 通信ポート
 DCR₁~DCR_n ダウンコンバータ

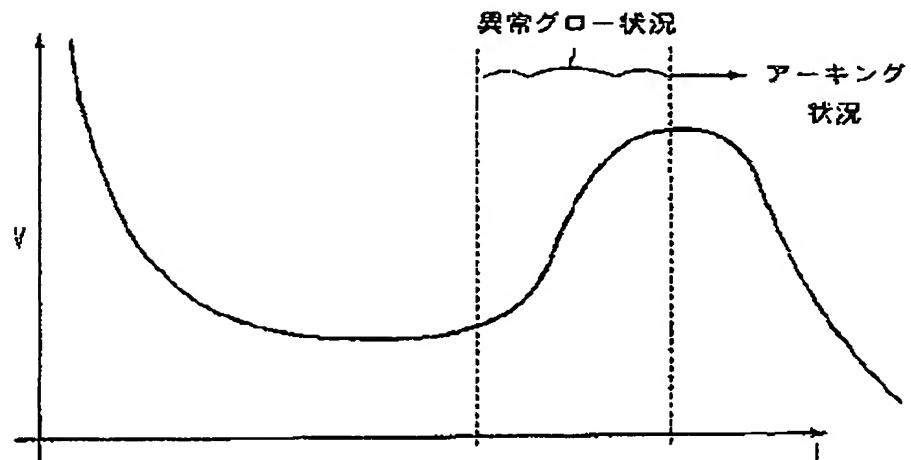
【図1】



【図2】

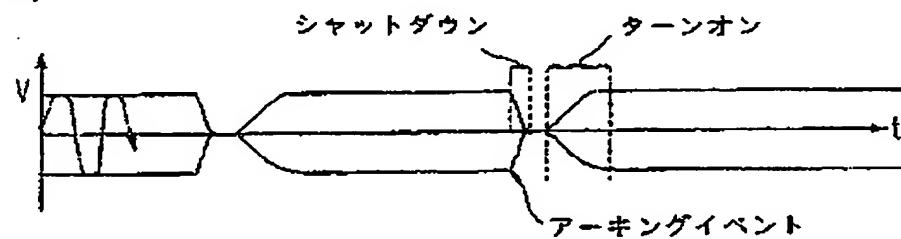


【図3】

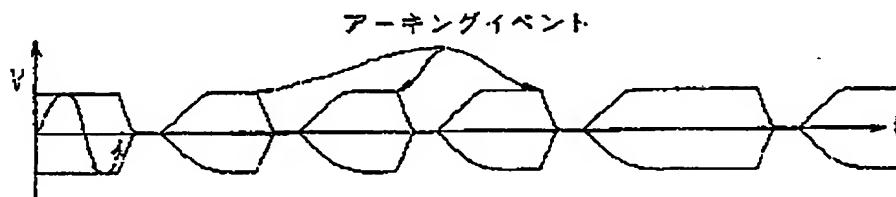


【図4】

(A)

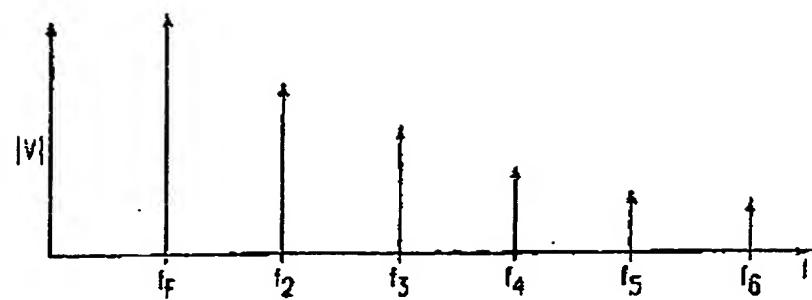


(B)

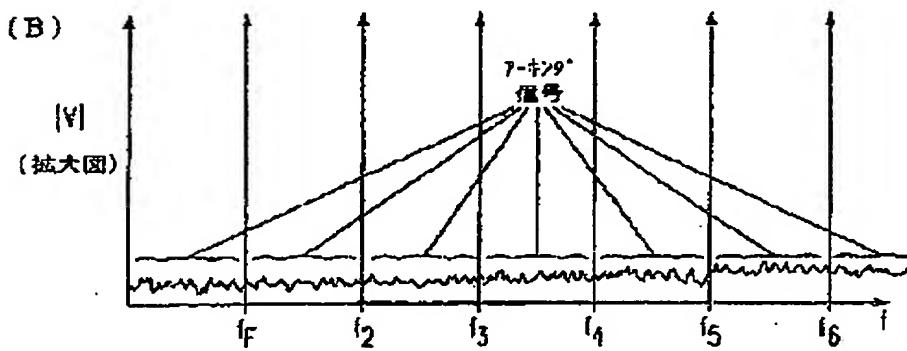


【図5】

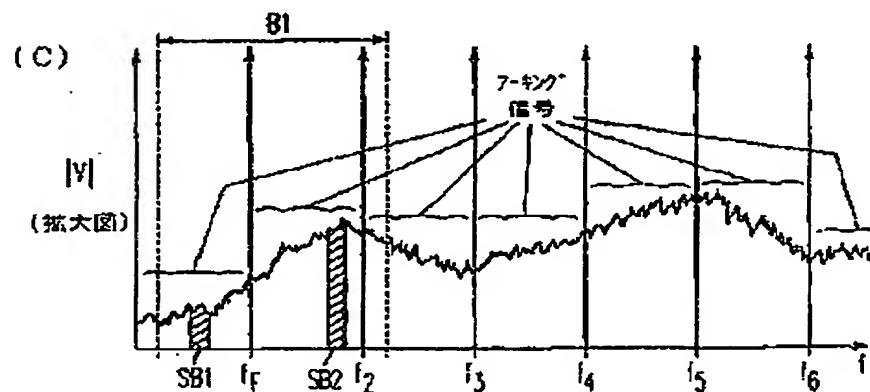
(A)



(B)

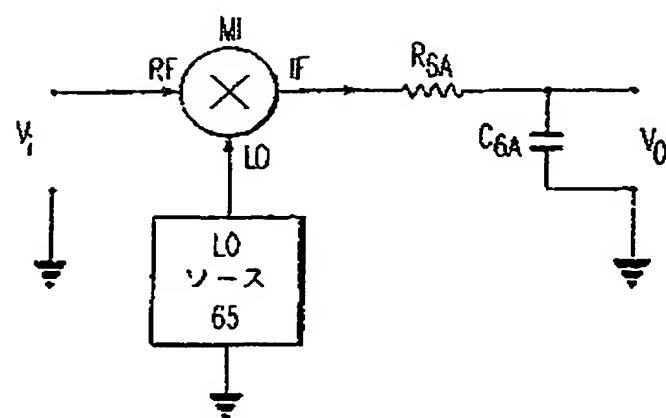


(C)

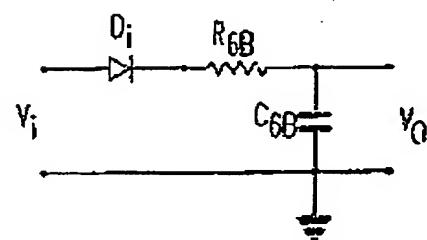


【図6】

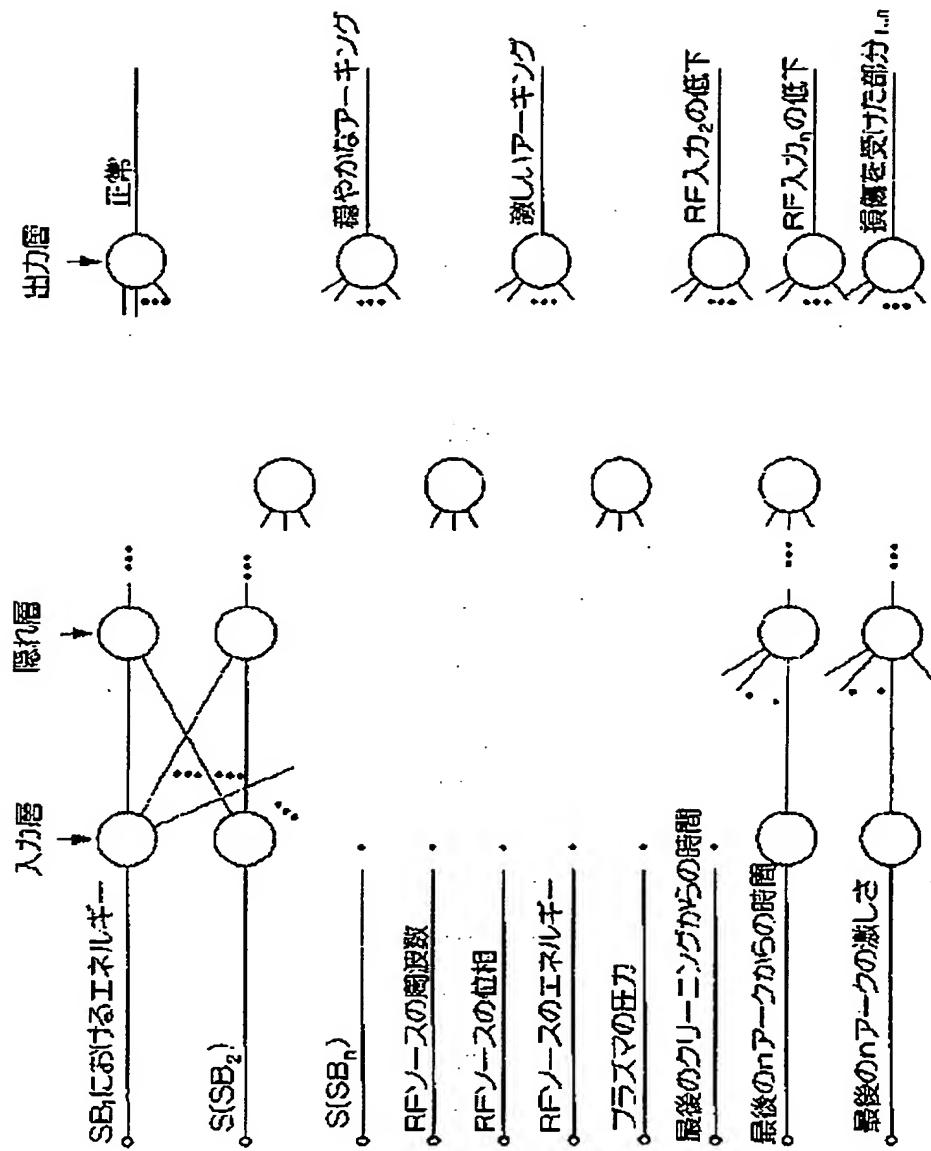
(A)



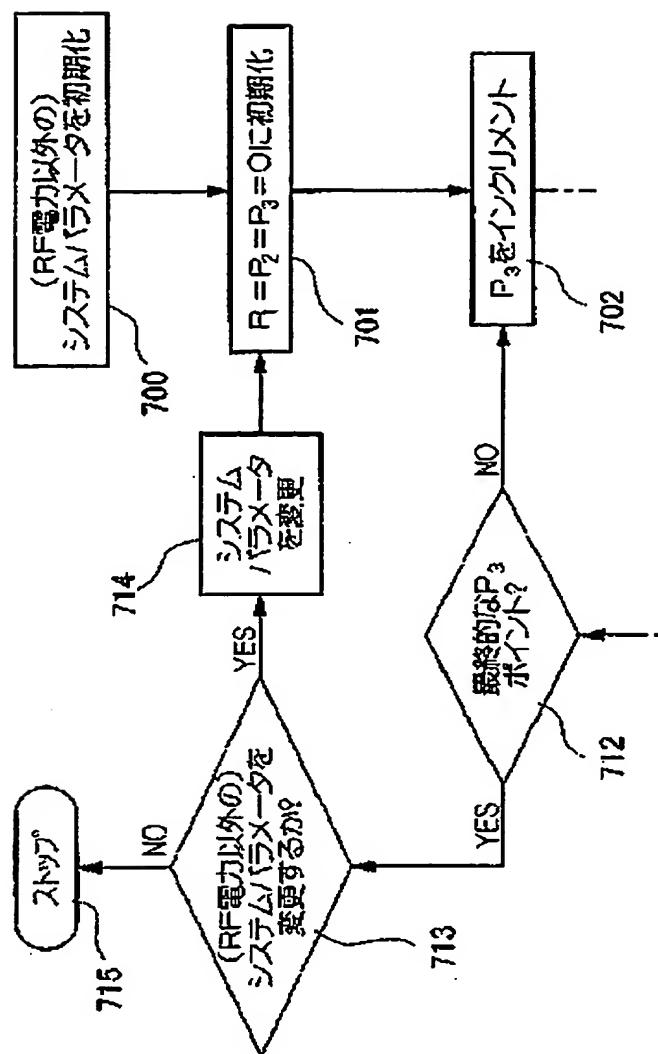
(B)



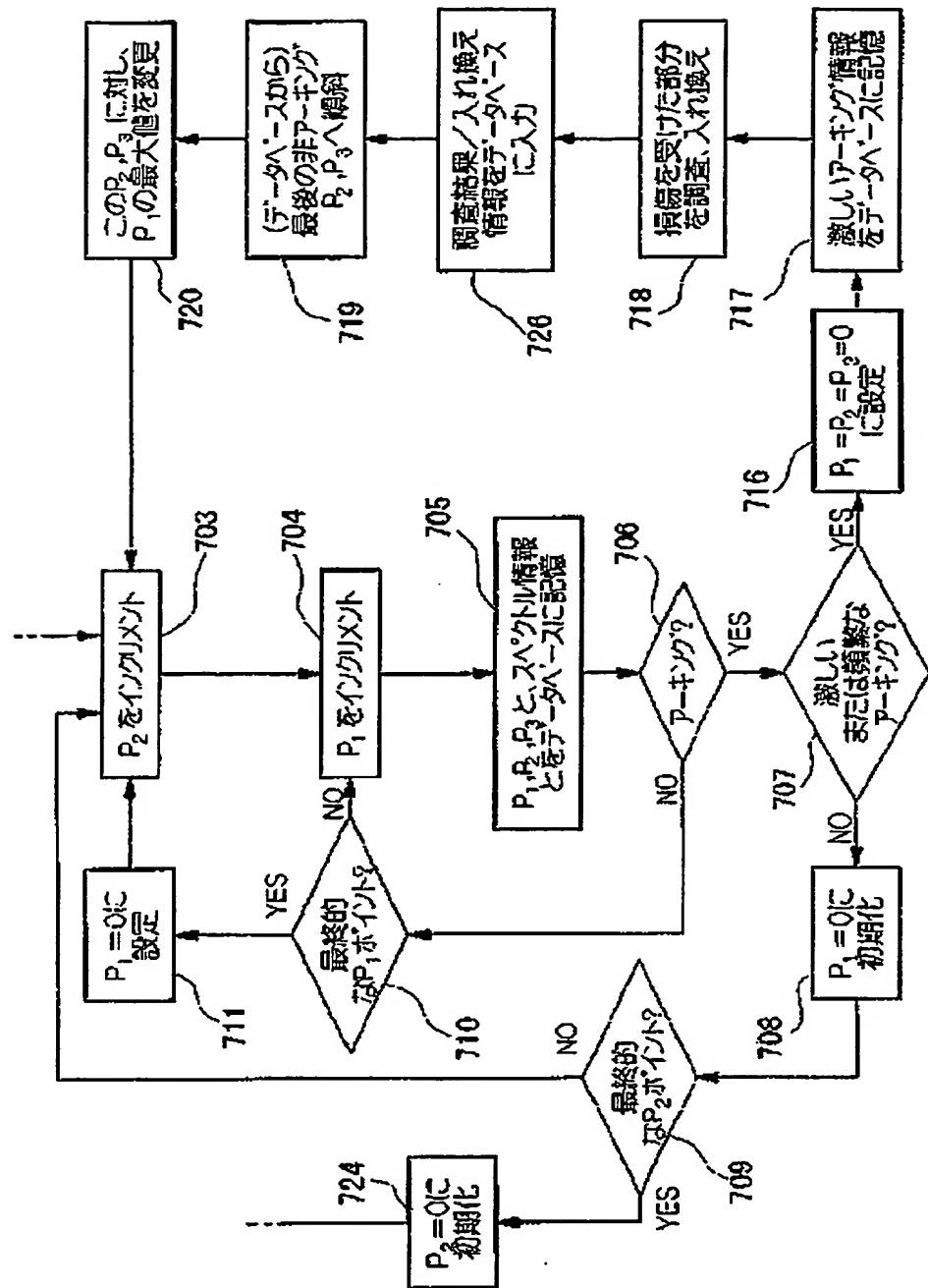
【図7】



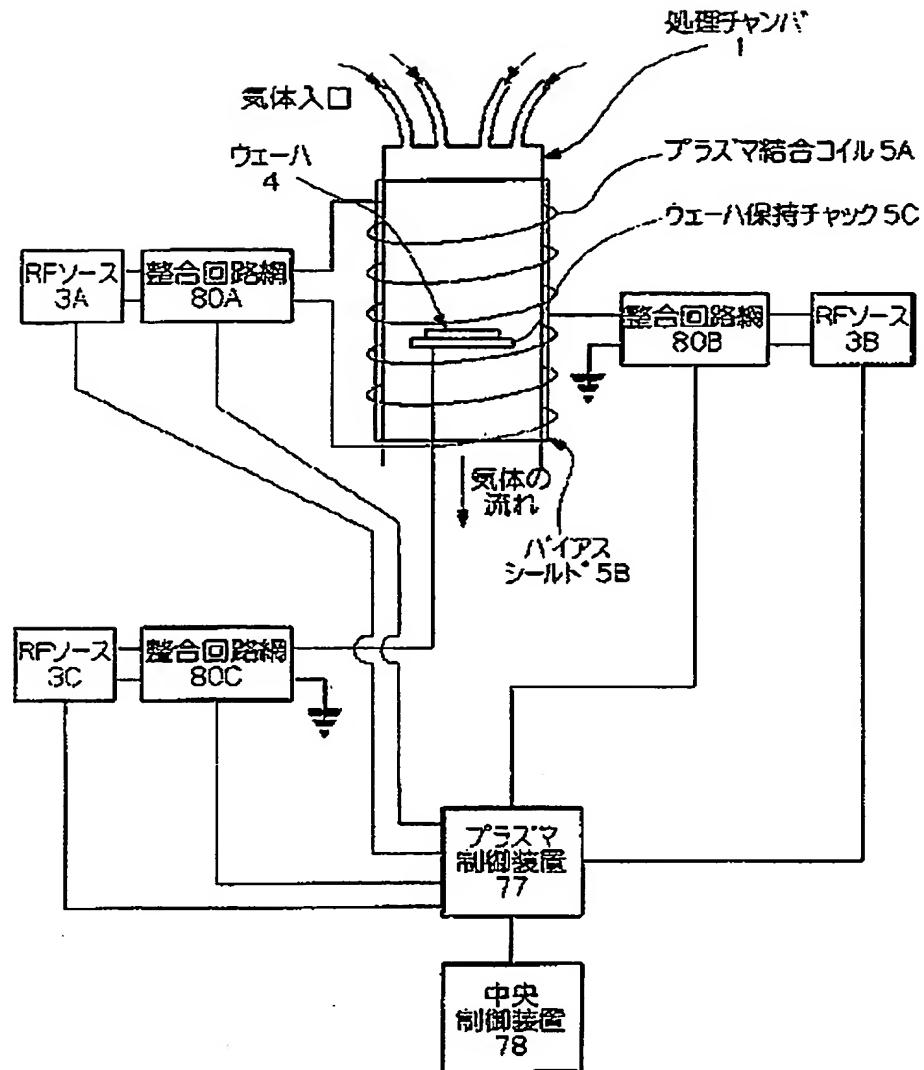
【図8】



【図9】



【図10】



【図11】

受信信号入力ポート
7702

プラスマ制御装置 77

変換器
77A

デジタルポート 7780

中央処理ユニット
77B

デジタルポート 7790

電力制御装置
77C

電力制御装置出力ポート
7704

【図12】

変換器 77A

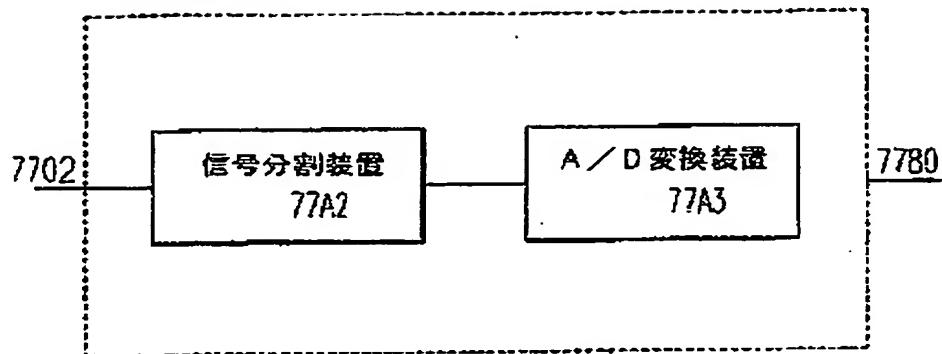
7702

A/D 変換器
77A1

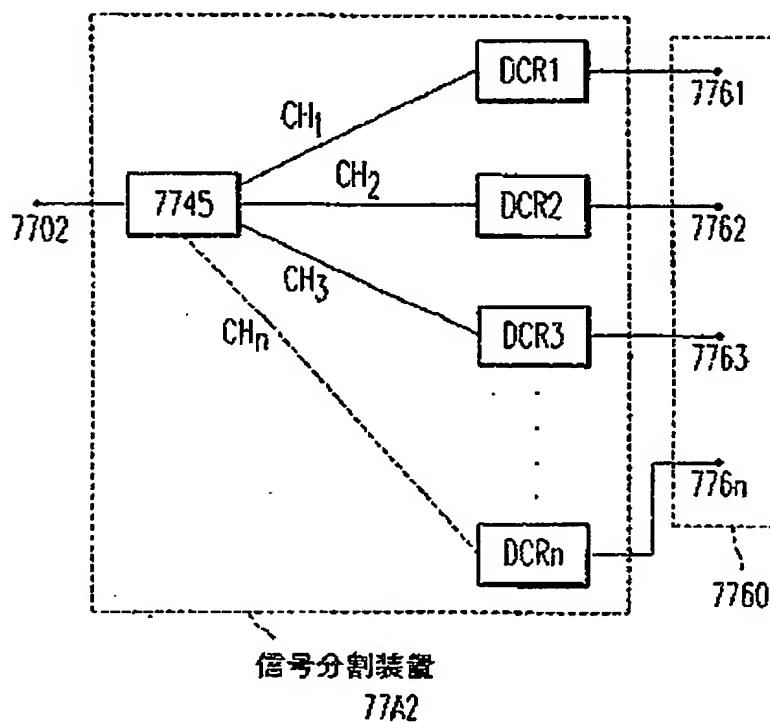
7780

【図13】

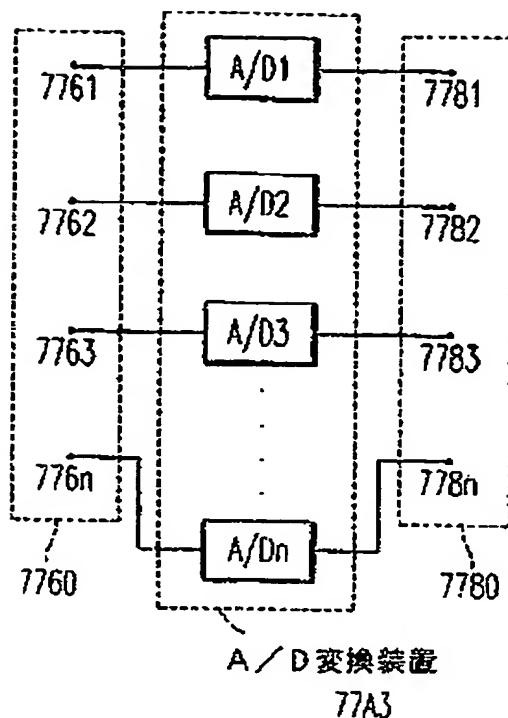
変換器 77A



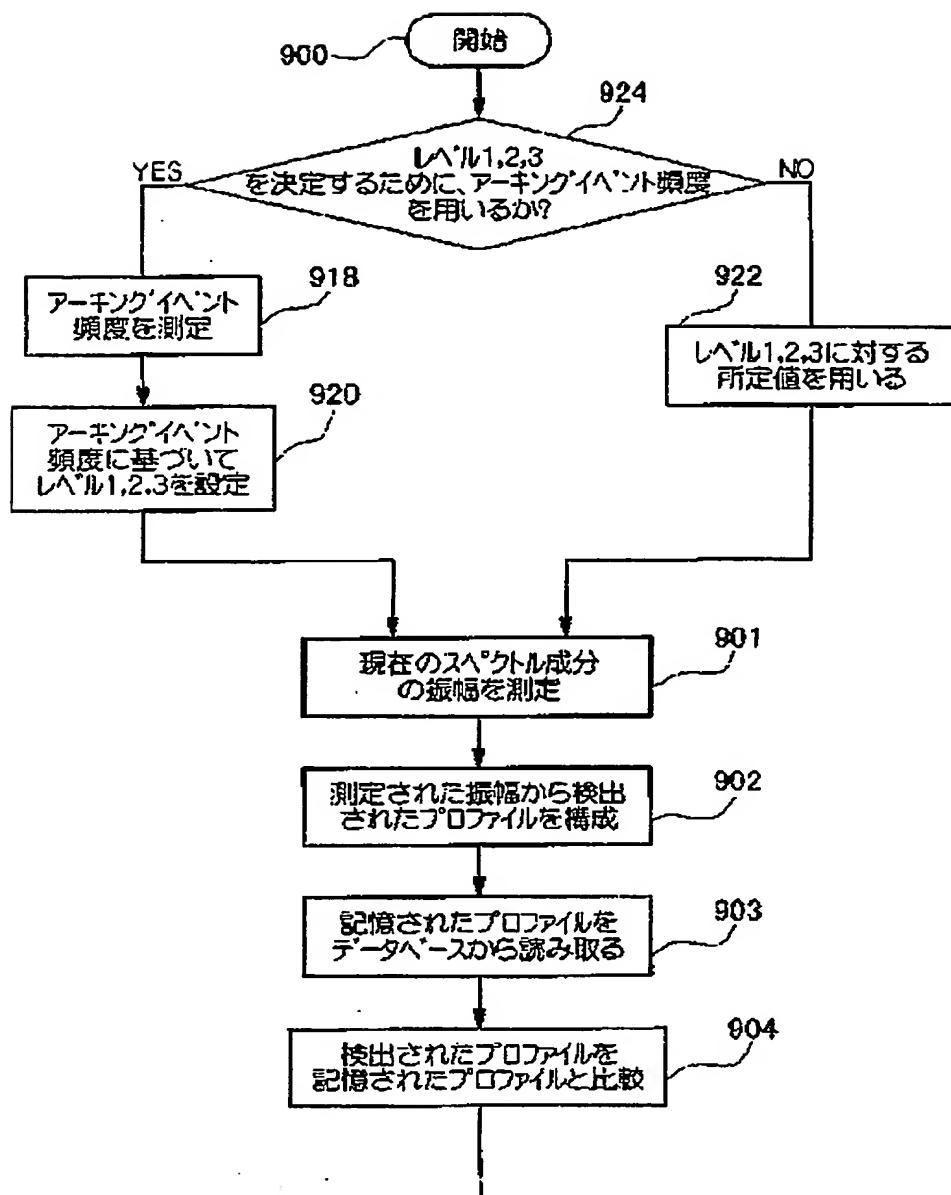
【図14】



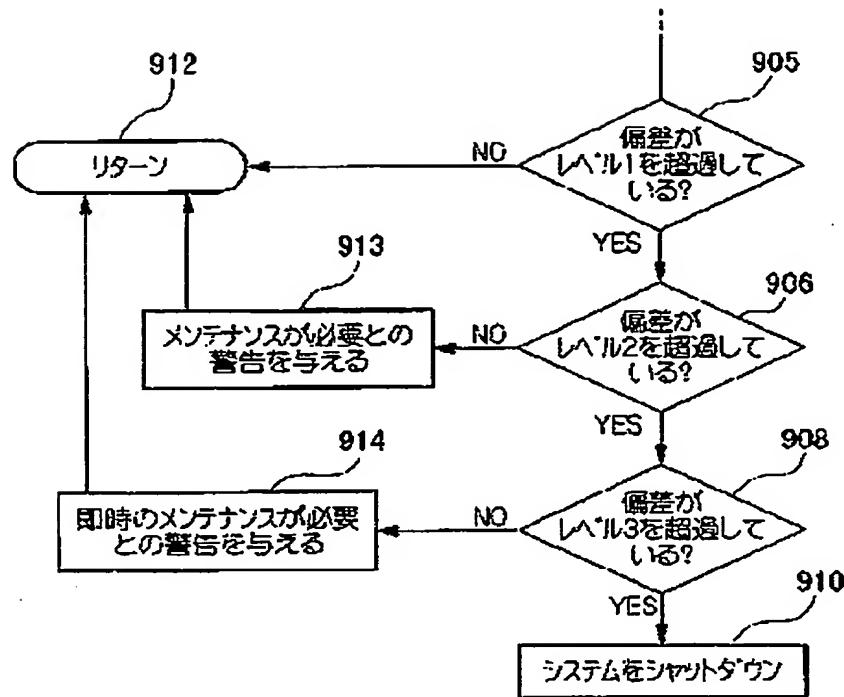
【図15】



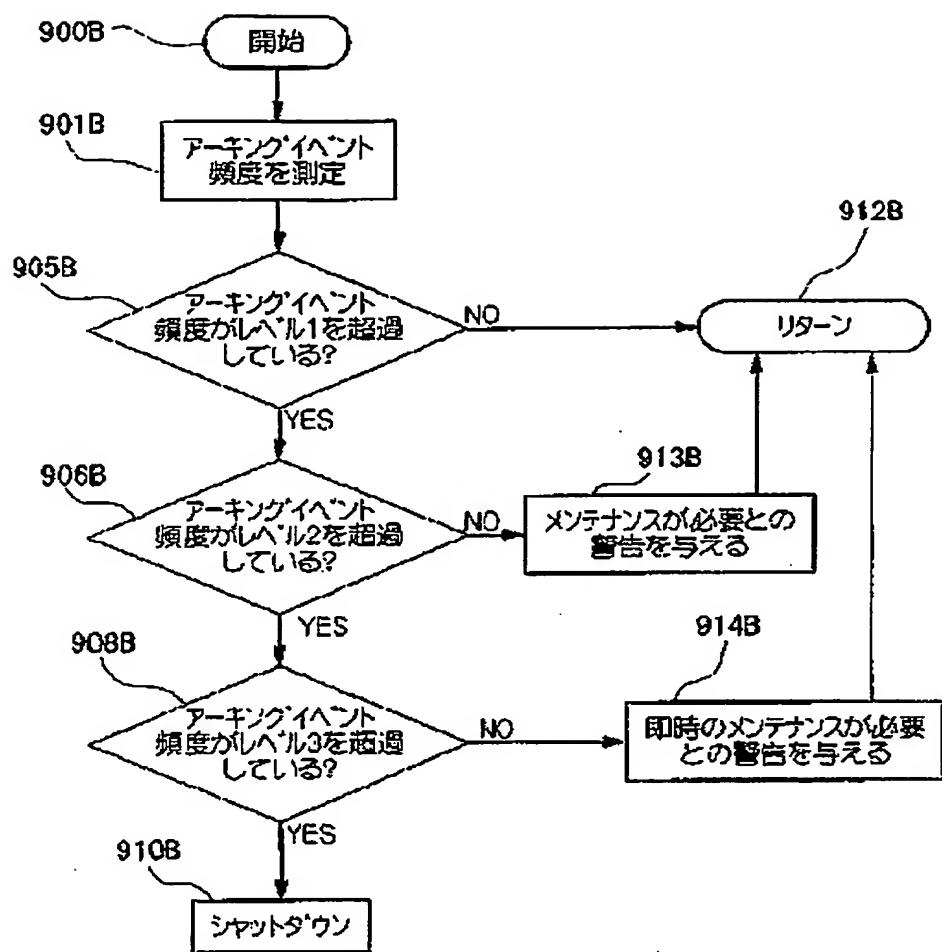
[図16]



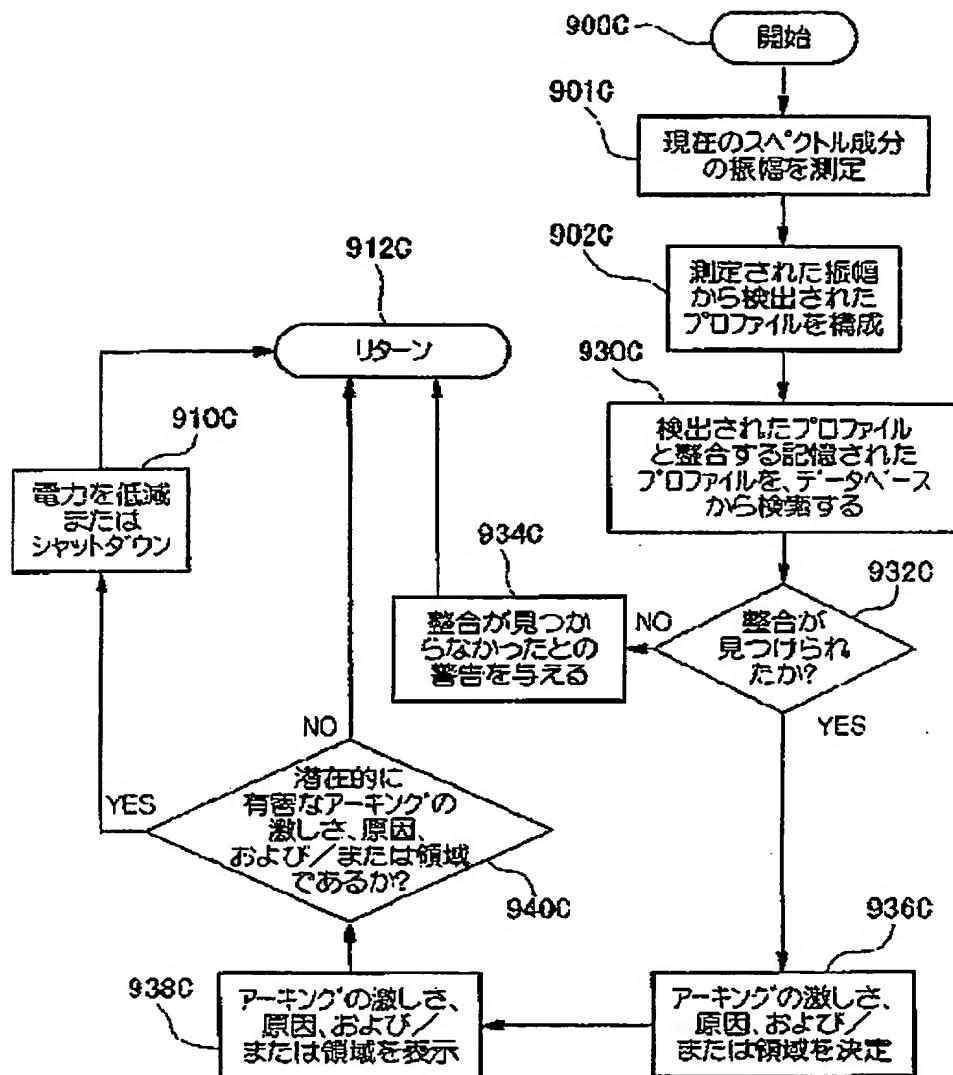
【図17】



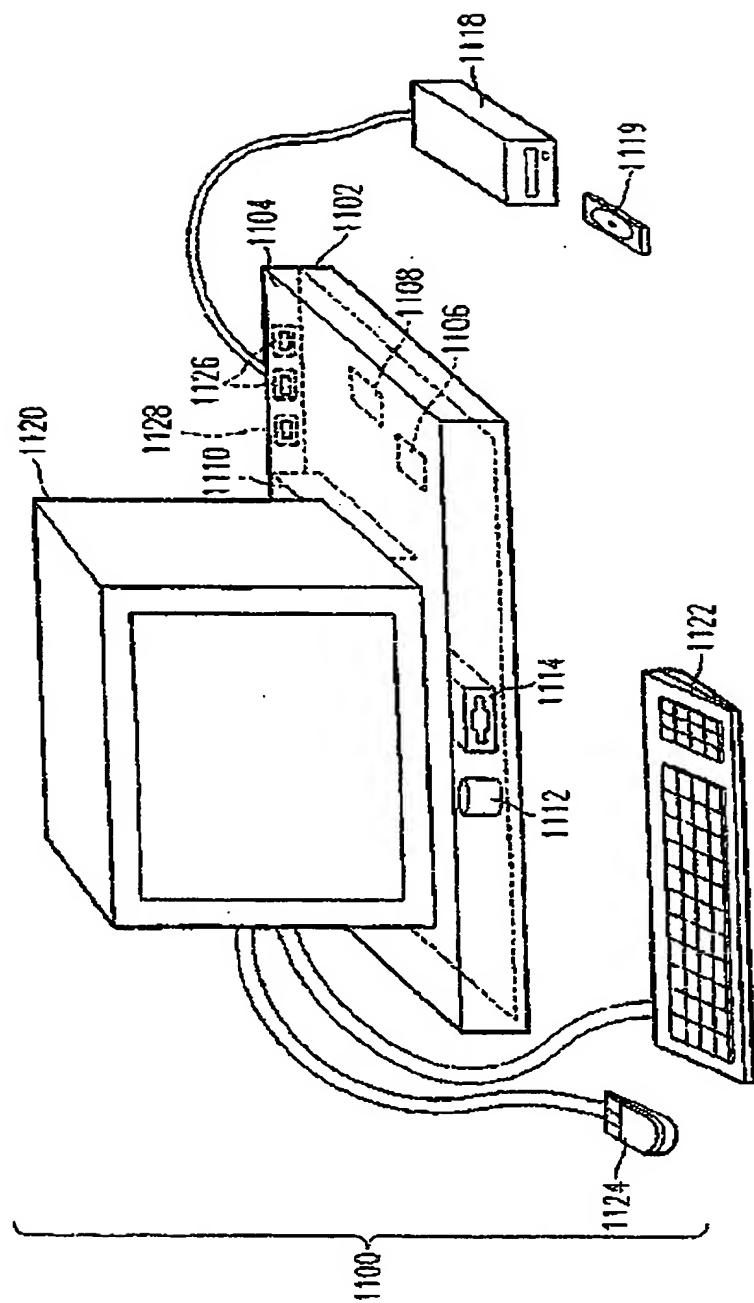
【図18】



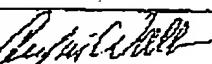
【図19】



[図20]



[国際調査報告]

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		International application No. PCT/US98/18496
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC(O) :C23C 14/54; C23F 1/02; B32D 3/14 US CL :Please See Exam Sheet. According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) U.S. : 204/192.12, 192.13, 298.02, 298.08; 156/345, 118/663, 712, 21 6/59, 61; 427/8, 10		
Documentation searched other than minimum documentation: to the extent that such documents are included in the fields searched None		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) APS search terms: neural network, sensing, detecting, plasma		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 5,617,899 A (MAASS) 18 March 1997, Column 3 lines 44-68; Column 4 lines 1-68; Column 5 lines 1-68; Column 6 lines 1-32.	1, 24 5-17, 20-22, 25-28, 30, 31
Y	US 5,241,152 A (ANDERSON et al) 31 August 1993, Column 3 lines 31-50.	1-40
A	US 5,192,894 A (TESCHNER) 09 March 1993, See Abstract.	1-40
A	US 4,700,315 A (BLACKBURN et al) 12 October 1987, Column 27 lines 36-68; Column 28 lines 1-68; Column 29 lines 1-22.	1-40
<input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input type="checkbox"/> See patent family annex.		
* Special categories of cited documents "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance "B" earlier document published on or after the international filing date, which document may show results or partly claimed or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reasons (ie specimen) "C" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other form "D" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed		
Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report	
11 JANUARY 1999	01 FEB 1999	
Name and mailing address of the ISA/US Coordinator of Patents and Trademarks P.O. PCT Washington, D.C. 20231 Facsimile No. (703) 305-3230	Authorized officer  RODNEY McDONALD Telephone No. (703) 305-0561	

(65)

特表2001-516940

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/US98/12496

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER:
US CL .

204J 191.12, 192.13, 298.0G, 298.08; 156/345; 118/663, 712; 216/59, 69; 427/8, 10

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.

2 **** shows the word which can not be translated.

3. In the drawings, any words are not translated.

CLAIMS

[Claim(s)]

[Claim 1] (a) Chamber (b) and (i) power source, (ii) Reception and said power for the power from said power source The inside of said chamber The plasma joint component supplied to a plasma field Plasma generating circuit which **** (c) Converter for obtaining an input signal from the circuit combined with said plasma field (d) in order that said input signal may detect arcing The plasma system characterized by providing the processor for judging whether it has a component in a predetermined frequency band.

[Claim 2] Said processor is a plasma system according to claim 1 characterized by providing the neuron network for detecting arcing.

[Claim 3] Said transducer is a plasma system according to claim 1 characterized by having a means for determining the location of an arcing event.

[Claim 4] Said converter is a plasma system according to claim 1 characterized by having a means for judging the violence of arcing.

[Claim 5] Said converter is a plasma system according to claim 1 characterized by having a monitor means for detecting arcing when the amplitude of the frequency component of said input signal is supervised and said supervised amplitude exceeds a predetermined value.

[Claim 6] Said converter is a plasma system according to claim 5 characterized by having a monitor means for detecting arcing when the amplitude of the frequency component of said input signal in the frequency except the fundamental frequency of said power source and the harmonic frequency of this fundamental frequency is supervised and said supervised amplitude exceeds a predetermined value.

[Claim 7] In order that said converter may supply the selected sub-band signal, it has a means for obtaining said input signal to have a means for permitting the component of said input signal. Said component is a plasma system according to claim 6 characterized by being in said predetermined frequency band.

[Claim 8] Said converter is a plasma system according to claim 7 characterized by having further a means for said input signal judging that it has a component in said predetermined frequency band when said selected sub-band signal exceeds a predetermined value.

[Claim 9] The means for permitting said component is a plasma system according to claim 7 which has a down converter circuit for carrying out the down convert of said component, and is characterized by this supplying said selected sub-band signal in order to supply one of lower signalling frequency and DC signals.

[Claim 10] Said plasma system is a plasma system according to claim 1 characterized by being a semiconductor processing system.

[Claim 11] Said system possesses further the signal sensing element for obtaining said input signal from said plasma field. Said converter is a plasma system according to claim 1 characterized by obtaining said input signal from said signal sensing element.

[Claim 12] said converter -- the [of said input signal] -- the [of the component detected / 1] -- the [the amplitude detected / 1 / and / of said input signal] -- the [of the component detected / 2] -- the amplitude detected [2] -- measuring -- the [said] -- the component detected [1] the inside of the sub-

band of the 1st predetermined frequency -- it is -- the [and / said] -- the component detected [2] It is in the sub-band of the 2nd predetermined frequency. Said system the [] -- the [the amplitude memorized / 1 / and] -- with the memory for memorizing the amplitude data which have the amplitude memorized [2] -- the [said] -- the [the amplitude detected / 1 / and / said] -- further with the 1st comparison with the amplitude memorized [1] The central processing unit for performing the 2nd comparison with the amplitude memorized [2] is provided further. the [said] -- the [the amplitude detected / 2 / and / said] -- the [said] -- the amplitude memorized [1] -- the sub-band of said 1st predetermined frequency -- corresponding -- the [and / said] -- the plasma system according to claim 1 characterized by the amplitude memorized [2] corresponding to the sub-band of said 2nd predetermined frequency.

[Claim 13] said amplitude data -- the -- the [the amplitude memorized / 3 / and] -- the amplitude memorized [4] -- further -- having -- the [said] -- the amplitude memorized [3] the sub-band of said 1st predetermined frequency -- corresponding -- the [and / said] -- the amplitude memorized [4] the sub-band of said 2nd predetermined frequency -- corresponding -- said central processing unit -- the [said] -- the [the amplitude detected / 1 / and / said] -- the [the 3rd comparison with the amplitude memorized / 3 /, and / said] -- the [the amplitude detected / 2 / and / said] -- plasma system according to claim 12 characterized by performing the 3rd comparison with the amplitude memorized [4].

[Claim 14] the [said / the 1st and] -- the plasma system by which the amplitude memorized [2] receives the arcing violence the 1st was remembered to be -- corresponding -- the [said / the 3rd and] -- the amplitude memorized [4] It corresponds to the plasma system which receives the arcing violence the 2nd was remembered to be. Said central processing unit is a plasma system according to claim 13 characterized by determining the detected arcing violence according to said 1st, 2nd, 3rd, and 4th comparison.

[Claim 15] the 2nd plasma joint component which receives the power from said at least one power source -- further -- having -- the [said / the 1st and] -- the plasma system which receives arcing which produces the amplitude memorized [2] by said 1st plasma joint component -- corresponding -- the [said / the 3rd and] -- the plasma system according to claim 13 characterized by for the amplitude memorized [4] to correspond to the plasma system which receives arcing produced by said 1st plasma joint component.

[Claim 16] the [said / the 1st and] -- the plasma system by which the amplitude memorized [2] receives arcing in the 1st arcing field -- corresponding -- the [said / the 3rd and] -- the plasma system according to claim 13 characterized by the amplitude memorized [4] corresponding to the plasma system which receives arcing in the 2nd arcing field.

[Claim 17] The plasma system according to claim 16 characterized by providing further the 2nd plasma joint component which receives the power from said at least one power source.

[Claim 18] said central processing unit Detected arcing violence Detected cause of arcing which is one of said 1st plasma joint component and said 2nd plasma joint components the detected arcing field and ** -- plasma system according to claim 12 characterized by providing one of the profilers for using a neuron network and said 1st and 2nd comparisons in order to determine one.

[Claim 19] The power control unit for controlling said at least one power source is provided further. Said power control unit When said central processing unit judges whether it is potentially [of said detected arcing violence, said detected cause of arcing, and said detected arcing fields / one] harmful The plasma system according to claim 18 characterized by reducing the electric energy supplied by said at least one power source.

[Claim 20] The power control unit for controlling said at least one power source is provided further. Said amplitude data the 3rd memorized amplitude and the 4th memorized amplitude -- further -- having -- the [said / the 3rd and] -- the amplitude memorized [4] It corresponds to the sub-band of said 1st and 2nd predetermined frequencies, respectively. Said decision means The amplitude memorized [2] is measured. the [said / the 1st and] -- said power control unit on the other hand In order to supply the 1st power level, said at least one power source is controlled. Said decision means The amplitude memorized [4] is measured. the [said / the 3rd and] -- said power control unit on the other hand In order [2nd / said] to supply the 2nd power level working, said at least one power source is controlled. Said plasma

system is a plasma system according to claim 12 characterized by impressing said 1st and 2nd power level according to predetermined sequence.

[Claim 21] Said central processing unit is a plasma system according to claim 12 characterized by providing the comparator for using said 1st and 2nd comparisons in order to determine one of the location of arcing violence and arcing, and the frequency of an arcing event.

[Claim 22] Said central processing unit is a plasma system according to claim 12 characterized by providing the detector for detecting two or more arcing events in a certain time amount, and measuring the die length of said time amount, and determining the number of said two or more arcing events, and this determining the detected arcing event frequency.

[Claim 23] In order to supply the 1st power level to said 1st plasma joint component, said power source is controlled. And the power control unit for controlling said power source, in order to supply different dither-ed power level from said 1st power level to said 1st plasma joint component is provided further. Said transducer means measures the dither-ed amplitude of the dither-ed component of the dither-ed reply signal resulting from said dither-ed power level. Said dither-ed component It is in the sub-band of said 1st predetermined frequency. Said converter arcing violence of which detection was done Detected cause of arcing which is one of said 1st plasma joint component and said 2nd plasma joint components the detected arcing field and **, in order to determine one the [said] -- the plasma system according to claim 12 characterized by providing the comparator for comparing the amplitude detected [1] with said dither-ed amplitude.

[Claim 24] It is an approach for detecting arcing in a plasma system. By impressing power from the 1st power source to the plasma generating circuit which has the 1st plasma joint component Phase which generates a plasma field Phase of obtaining an input signal based on said power impressed from said 1st power source By judging whether said input signal has the component in the predetermined frequency band The approach characterized by providing the phase of detecting arcing.

[Claim 25] Said detection phase is an approach according to claim 24 characterized by providing further the secondary phase of detecting arcing when the amplitude of the frequency component of said input signal exceeds a predetermined value.

[Claim 26] Said secondary detection phase is an approach according to claim 25 characterized by detecting said frequency component in the frequency except the fundamental frequency of said power source, and the harmonic frequency of this fundamental frequency.

[Claim 27] Phase of obtaining said input signal Phase which samples said input signal in order to reduce the received analog signal Phase of changing said received analog signal into a digital input signal Approach according to claim 26 characterized by providing the phase of changing said digital input signal into a frequency band using a fast Fourier transform.

[Claim 28] Said conversion phase is an approach according to claim 27 characterized by providing the secondary phase of judging when the amplitude of a frequency band signal exceeding a predetermined value.

[Claim 29] The phase of obtaining said input signal is an approach according to claim 24 characterized by providing the phase which carries out the down convert of said input signal in order to supply one of lower signalling frequency and DC signals.

[Claim 30] The phase of obtaining said input signal is an approach according to claim 24 characterized by providing the secondary phase of obtaining said input signal from the signal sensing element combined with said plasma field.

[Claim 31] said detection phase the [of said input signal in the sub-band of the 1st (a) predetermined frequency] -- the [of the component detected / 1] -- with the phase which measures the amplitude detected [1] the [of said input signal in the sub-band of the 2nd (b) predetermined frequency] -- the [of the component detected / 2] -- with the phase which measures the amplitude detected [2] (c) -- the [corresponding to the sub-band of said 1st predetermined frequency] -- the [corresponding to the sub-band of the amplitude memorized / 1 / and said 2nd predetermined frequency] -- the amplitude data which have the amplitude memorized [2] with the phase memorized in memory (d) -- the [said] -- the [the amplitude detected / 1 / and / said] -- phase which compares the amplitude memorized [1] (e) --

the [said] -- the [the amplitude detected / 2 / and / said] -- approach according to claim 24 characterized by providing the phase which compares the amplitude memorized [2].

[Claim 32] (f) the [corresponding to the sub-band of said 1st predetermined frequency] -- the [corresponding to the amplitude memorized / 3 / and the sub-band of said 2nd predetermined frequency] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized / 4 (g) -- the [corresponding to the plasma system which receives the arcing violence the 1st was remembered to be / the 1st and] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [2] (h) -- the [corresponding to the plasma system which receives the arcing violence the 2nd was remembered to be / the 3rd and] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [4] (i) -- the [said] -- the [the amplitude detected / 1 / and / said] -- with the phase which compares the amplitude memorized [3] (j) -- the [said] -- the [the amplitude detected / 2 / and / said] -- phase which compares the amplitude memorized [4] (k) -- approach according to claim 31 characterized by providing the phase of determining the detected arcing violence, according to said phase (d), (e), (i), and (j).

[Claim 33] (f) By impressing power from said 1st power source to said plasma generating circuit which has the 2nd plasma joint component phase which generates said plasma field (g) -- the [corresponding to the sub-band of said 1st predetermined frequency] -- with the amplitude memorized [3] the [corresponding to the sub-band of said 2nd predetermined frequency] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [4] (h) -- the [further corresponding to the plasma system which receives arcing produced by said 1st plasma joint component / said / the 1st and] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [2] (i) -- the [corresponding to the plasma system which receives arcing produced by said 2nd plasma joint component / said / the 3rd and] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [4] (j) -- the [said] -- the [the amplitude detected / 1 / and / said] -- with the phase which compares the amplitude memorized [3] (k) -- the [said] -- the [the amplitude detected / 2 / and / said] -- with the phase which compares the amplitude memorized [4] (l) Approach according to claim 31 characterized by providing the phase of judging which [of said 1st and 2nd plasma joint components] having produced arcing, according to said phase (d), (e), (j), and (k).

[Claim 34] (f) the [corresponding to the sub-band of said 1st predetermined frequency] -- the [corresponding to the amplitude memorized / 3 / and the sub-band of said 2nd predetermined frequency] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [4] the [corresponding to the plasma system which receives arcing in the (g) 1st arcing field / the 1st and] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [2] the [corresponding to the plasma system which receives arcing in the (h) 2nd arcing field / the 3rd and] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [4] (i) -- the [said] -- the [the amplitude detected / 1 / and / said] -- with the phase which compares the amplitude memorized [3] (j) -- the [said] -- the [the amplitude detected / 2 / and / said] -- with the phase which compares the amplitude memorized [4] (k) Approach according to claim 31 characterized by providing the phase of judging in which [of said 1st and 2nd arcing fields] arcing arising, according to said phase (d), (e), (i), and (j).

[Claim 35] (f) From the 2nd power source, by impressing power to the 2nd plasma joint component of said plasma generating circuit phase which generates said plasma field (g) -- the [corresponding to the sub-band of said 1st predetermined frequency] -- with the amplitude memorized [3] the [corresponding to the sub-band of said 2nd predetermined frequency] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [4] (h) -- the [further corresponding to the plasma system which receives arcing produced by said 1st plasma joint component / said / the 1st and] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [2] (i) -- the [corresponding to the plasma system which receives arcing produced by said 2nd plasma joint component / said / the 3rd and] -- with the phase of memorizing the amplitude memorized [4] (j) -- the [said] -- the [the amplitude detected / 1 / and / said] -- with the phase which compares the amplitude memorized [3] (k) -- the [said] -- the [the amplitude detected / 2 / and / said] -- with the phase which compares the amplitude memorized [4] (l) Approach according to claim 31 characterized by providing the phase of judging which [of said 1st and 2nd plasma joint components] having produced arcing, according to said phase (d), (e), (j), and (k).

[Claim 36] said phase (d) and phase (e) Detected arcing violence Detected cause of arcing which is one

of said 1st plasma joint component and said 2nd plasma joint components the detected arcing field and ** -- approach according to claim 31 characterized by providing the phase of determining one.

[Claim 37] The approach according to claim 36 characterized by providing further the phase of reducing the electric energy supplied by said 1st power source when one of said detected arcing violence, said detected cause of arcing, and said detected arcing fields is potentially harmful.

[Claim 38] The phase of impressing power from the 2nd power source to the 2nd plasma joint component is provided further. Said phase (d) and phase (e) Detected arcing violence It is one of said 1st plasma joint component and said 2nd plasma joint components. detected cause of arcing the detected arcing field and ** -- approach according to claim 31 characterized by providing the phase of determining one.

[Claim 39] Phase of detecting two or more arcing events in a certain time amount Phase which measures the die length of said time amount Phase of determining the number of said two or more arcing events In order to judge the frequency on which the arcing event was detected Phase using said die length and said number Approach according to claim 31 characterized by providing further the phase using the frequency on which said arcing event was detected in order to predict one of future arcing severity and future arcing event frequency.

[Claim 40] (f) In order to provide said 1st plasma joint component with the 1st power level Phase which controls said 1st power source (g) Phase of obtaining said input signal to said phase (f) and coincidence (h) in order to provide said 1st plasma joint component with different dither-ed power level from said 1st power level Phase which controls said 1st power source The phase of acquiring a dither-ed [(i)] reply signal from said plasma generating circuit to said phase (i) and coincidence, (j) The phase which measures the dither-ed amplitude of the dither-ed component of the dither-ed reply signal in the sub-band of said 1st predetermined frequency, (k) Detected arcing violence It is one of said 1st plasma joint component and said 2nd plasma joint components. detected cause of arcing the detected arcing field and ** -- in order to determine one -- the [said] -- approach according to claim 31 characterized by providing further the phase which compares the amplitude detected [1] with said dither-ed amplitude.

[Translation done.]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any
damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001] [Reference of application under other coincidence connections]**

Serial No.60 which applied for this un-provisional application on September 17, 1997 / 151 (these contents are included in this specification) -- receiving -- an United States patent method -- priority is asserted under piece [35th] 119 articles (e). [059 and 151] This application relates to "System and Method for Monitoring and Controlling Gas Plasma Processes" (059 Serial No.60/151) and "Electrical Impedance Matching System and Method" (059 Serial No.60/176). In application of both sides, this application relates to "System and Method for Monitoring and Controlling Gas Plasma Processes" (Serial No. and Attorney Docket No.2312-742-6YA WO) and "Electrical Impedance Matching System and Method" (Serial No. and Attorney Docket No.2312-741-6YA WO) further. It applies for both sides on this specification and the same day, and these applications are included in this specification as reference.

[0002] [Field of the Invention]

Concerning plasma generation system, this invention is applicable to the system using the plasma, in order to process a substrate more like [a detail] a semiconductor wafer.

[0003] [Description of the Prior Art]

In many electric apparatus or solid-state manufacturing installations, the plasma reacts with a substrate like a semiconductor wafer. A plasma treatment system is used with RF power with which for example, the wireless (RF) power for starting and holding the plasma (processing) is sent in a gas by the inductive and/or capacitive plasma joint component (plasma coupling element). According to the example, as shown in drawing 1 A, an electric conduction loop formation or the spiral coil 5 can function as an inductive plasma joint component. As shown in drawing 1 B, an electrode five E1, i.e., 1 set of electrodes, and five E2 can function as a capacitive plasma joint component.

[0004] Some phases are needed in order to generate the plasma. First, as shown in drawing 1 A and drawing 1 B, a gas is supplied to the processing chamber 1 through the gas inlet port 6. The RF power source 3 equipped with output-impedance RS supplies RF power to a plasma joint component (for example, the coil 5 in drawing 1 A, the electrode five E1 in drawing 1 B, five E2), next this plasma joint component excites a gas to the plasma in a fixed field (plasma field 2) with said processing chamber.

Next, the plasma is used in order to process a substrate like a semiconductor wafer 4. Many conventional systems supply RF power through an electric matching circuit network (matching network). The U.S. Pat. No. 5,325,019 specification given to Miller & Kamon shows the approach using the information in the frequency for supervising the condition of the plasma and accessing it.

Furthermore, refer to Gesche (U.S. Pat. No. 5,576,629 specification) & Vey (U.S. Pat. No. 5,025,135 specification), the Patrick, etc. for Turner etc. (U.S. Pat. No. 5,474,648 specification).

[0005] The plasma is often held in a part of current-voltage characteristic of said plasma known as "an abnormality glow situation (abnormal glow regime)", as shown in drawing 3. In this situation, since the electrode and ion of high density exist and serious electric field also exist, the plasma usually tends to be influenced [which adjoins said abnormality glow situation] of arcing (arcing) produced in a part of

current-voltage characteristic. Arcing is in the condition which spread covering the usually remarkable amount and which is weak in the current flow field within the plasma in the field (called an arcing field) which has the concentrated arcing current, and which was localized very much. It originates in the high speed attained in arcing with high concentration of power dissipation (power dissipation), and the electron and ion in an arcing field, and the front face of the substrate of a system component is changed by surface sputtering and/or local heating by impregnation of ion or an electron, or may receive damage.

[0006] Although arcing of a chip box produces damage working normally [a plasma treatment system] at the time of most or the low violence (low-severity) which completely is not produced, more frequent arcing can pose more inferior engine performance or a serious problem which can cause even the failure of a circuit currently processed by high violence (high-severity). Furthermore, intense (severe) arcing may do damage to one or more components among processing systems, and, thereby, needs to exchange an expensive component. Furthermore, about a processing system, in order to exchange the component which received damage and to correct/or an arcing problem, it is necessary to stop. Even if the component in a system has not received the damage on to the extent that exchange is needed immediately, pitting (pitting) of the front face of a chamber, an electrode, or other components produces a particle, and, thereby, a system or a substrate is polluted. or [furthermore, / that a wafer is removed from a chuck by this by arcing confusing the electric field which attach a wafer in a chuck in the system using an electrostatic chuck (electrostatic chuck)] -- or it will be in the condition of having been separated.

[0007] although arcing of high violence is sometimes visible as a flash plate of light, if it is in a condition intense enough although arcing sees, probably the system or the substrate also obtained ** and has already received damage. Furthermore, it is often hard to detect arcing (for these to be able to serve as a sign of a more intense arc) of low or quiet violence. Furthermore, arcing may be produced for too much power accumulated in one or more components for example, in a plasma treatment system (or substrate), or various reasons like an impurity/contamination which were localized. Furthermore, once arcing arises, according to the consecutive thing, possibility that still more intense arcing will arise will become higher.

[0008] It originates in the difficulty of predicting arcing, and in order to avoid the condition that it may be connected with arcing, the conventional system is sometimes comparatively low, or is performed in safe power. However, there are some processings which serves as a sign or are not performed by optimum using moderate (conservative) power level. Furthermore, not necessarily effective, even if it carries out using RF power for eye bracing. the reason is for not restricting that a safe operating range is not necessarily determined, but arcing's boiling many things further, and being generated for a reason. The difficulty of determining a safe operating range is puffed up according to the inclination for a system to become easy to receive arcing increasingly as a system is polluted and it falls from a normal busy condition.

[0009] One of the first patent application explaining how to detect an arc in glow discharge is based on Oppel (U.S. Pat. No. 4,193,070 specification). In this, a control system supervises discharge voltage and a current. It is called having produced the arc, when an electrical potential difference falls caudad from a threshold and a current goes up above a threshold. Some other patent application follows the same approach to supervising all the random abnormalities (anomaly) in discharge voltage and/or currents, these rate of change, and/or an electrical signal. Refer to the U.S. Pat. No. 5,241,152 specification by the U.S. Pat. No. 5,192,894 specification by Teschner, Anderson, etc., the U.S. Pat. No. 5,427,669 specification by Drummond, and the U.S. Pat. No. 5,611,899 specification (after setting on these specifications, it is "No. 899 patent") by Maass. The method of preventing an "intense" arc also shows especially 'No. 899 patent, and after sensing the condition that some were defined, the AC power is adjusted here so that an arc may be avoided. Next, about a big arc, it is interpreted as what does damage to a substrate depending on the case, and stops processing. Furthermore, said arc sensing approach is restricted to supervising the electrical potential difference and rate of change of a plasma joint component.

[0010] The neuron network (neural network) has been used for both the prediction and control in many fields. About using a neuron network in semi-conductor processing, in order to predict the terminal point (endpoint) of etching processing By Maynard etc. "Plasma etching endpointing by monitoring RF power systems with an artificial neural network" (207 95 Electrochem.Soc.Proc., -4, p189- 1995), "Plasma etching endpointing It is discussed in by monitoring radio-frequency power systems with an artificial neural network" (J. Electrochem.Soc., 143 (6)). System monitors are some electric components (the capacitor value especially in transmitted power, reflective power (reflected power), and a matching circuit network, direct-current bias, etc.).

It is trained so that it may observe, and these properties are made to correlate with the terminal point of etching processing. Here, the terminal point was determined through the ellipsometer (ellipsometer), and was programmed through the input by the user. In essence, a neuron network shows a means to make the interrelation of some measurable variables correlate with generating of an event, in order to establish predictability.

[0011] One application of a neuron network is system feature attachment. A large number [the reference in which the attempt by which electrical characteristics are characterized is shown]. Logan, "Electrical characterization of radio-frequency sputtering gas discharge" by Mazza & Davidse (J.) [Vac.] Sci.Technol., 6, and p.120 (1968), "Electrical characteristics of parallel-plate RF discharges in Argon" (IEEE Transactions on Plasma Sci. and 19 (4) --) by Godyak p. 660 (1991), "Electrical by Sobolewski characterization of radio-frequency discharges in the Gaseous ... Refer to "(J. Vac.Sci.Technol., 10 (6), (1992)). Refer to Fox & Kappuswamy (U.S. Pat. No. 5,479,340 specification) about the real-time control of the etching processing using multivariate analysis.

[0012] In the conventional technique, a usual monitor and a usual control system control generating of an arc by activating stopping a power input immediately and the switch for discharging the electrical potential difference of the opposite sign (opposite sign) which crosses an arcing electrode in order to remove an arc in some cases. This example is Sturmer (U.S. Pat. No. 5,241,152 specification) & Teschner(s) (U.S. Pat. No. 5,281,321 specification), such as Teschner (U.S. Pat. No. 5,192,894 specification) and Anderson, Drummond (U.S. Pat. No. 5,427,669 specification), and Lantsman (a U.S. Pat. No. 5,584,972 specification is included.). However, in many cases, such patent application is indicating about the approach of a response for the arc which has already done damage to a substrate or processing hardware.

[0013] [Problem(s) to be Solved by the Invention]

Especially the purpose of this invention is arcing's being detected and characterized and offering/or the system which can be reduced, and an approach so that generating of arcing can be controlled and prevented during activation of the plasma treatment which used the high density plasma.

[0014] [Means for Solving the Problem]

Originating in the nonlinearity of a proper at the electrical characteristics of the plasma, RF power source of the single frequency combined with the plasma generates a higher-harmonic signal (namely, component in the multiple or higher harmonic of fundamental frequency of RF power source) in the circuit for generating the plasma and this plasma. According to this invention, when arcing has not arisen, in frequencies other than fundamental frequency and harmonic frequency, most or not existing at all are recognized for a signal. However, a signal is generated [be / it / under / arcing / setting] in frequencies other than fundamental frequency and harmonic frequency. The arcing signal has the broadband property and usually has the downward frequency component, the frequency component between a fundamental wave and the lowest higher harmonic, and the frequency component between higher harmonics from the fundamental wave.

[0015] According to the description with this invention, about said arcing signal, in order to bring about the display of the occurrence frequency of an arcing event, and/or magnitude, it can measure and use. Furthermore, it is recognized that the technique which constitutes the profile (profile) of an arcing signal as a function of frequency can supply the information about the location of the arcing operation in the component which produces arcing, and a system, the violence of arcing, and/or the occurrence frequency of an arcing event. It can train in order to identify the component which similarly arcing is

detected or predicted [component] and produces arcing about a neuron network and to bring about the approximation-real-time control (near-real time control) of processing further.

[0016] In order to control arcing, it can be interrupted temporarily and can be made to return after predetermined time amount about RF power after the event of an intense arcing event or a single string generated frequently. Next, warning that power was interrupted is given to human being's operator or automatic central control unit. It may be necessary to rarely happen or to take the further action to fewer arcing events of violence. To a frequent arcing event more intense again than **, warning that a system should be fixed soon is given to an operator or an automatic central control unit. Further much more frequent and warning that a system needs repair immediately to an operator or an automatic central control unit to/or intense arcing are given. To the most frequent arcing also with **** intense again with the danger that a system or a substrate will receive damage at once, a system stops automatically.

[0017] This invention enables detection (or prediction) and control of arcing, before it offers the protection improved to the harmful effect of arcing in a plasma treatment system and arcing does damage to a system. Furthermore, this invention also offers the detailed diagnosis about an arcing problem. These descriptions cannot be available in the conventional system, and the substantial benefit in reducing the damage over a system or a substrate can be brought about. Furthermore, by controlling arcing to fitness more, a system can operate in the optimal range for processing of a substrate rather than it operates in the safe margin for preventing arcing. Furthermore, it can be made to operate more efficiently about a processing system. The reason is for avoiding / reducing the need of being able to use in order to judge when a maintenance being needed, and to perform a maintenance, when the most convenient, and stopping equipment in down stream processing by this about arcing information for a maintenance.

[0018] This invention has described two methods of supervising and detecting existence of an arc working [RF plasma source]. The 1st approach supervises the frequency content of the electrical signal extracted from the various electric components combined with the plasma. basic RF drive frequency (usually 13.56MHz) -- in addition, a signal originates in the property of the nonlinearity of a proper and exists in the plasma in harmonic frequency. Furthermore, generating of arcing in the electric component of a plasma system generates a broadband frequency content in a signal. Therefore, it can use in order to detect an arc for the sub-band (sub-band) of a frequency domain (frequency space [detail] between harmonic frequency) and to evaluate these force. The 2nd approach is being connected with the 1st approach and observing the response of the frequency content to the dither ring (dithering) of RF input.

[0019] Furthermore, this invention offers the approach based on the neuron network for predicting and preventing generating of the arc in RF plasma chamber. Use of a neuron network needs "to train" for a system (the computer system and equipment which are used in order to supervise RF plasma electrical system) so that the relation (these relation shows generating of an arc) between various parameters, an electrical parameter, etching / deposition (deposition) parameter, a pressure, etc. may be learned. About the magnitude of an arc and frequency, and the location of these arcs, prediction can actually become possible according to the 'training' level or RF system feature of a system. An arc is detected and prevented based on the inclination or property relevant to mutual of a network about a component. this property -- "a micro arc" -- that is, big (a success of processing may be exposed to risk or serious damage may be brought to a wafer) -- again -- ** -- it can recognize as a series of small amplitude arcs before generating of an intense arc.

[0020] [Embodiment of the Invention]

A perfect understanding becomes [rather than] clear about this invention and the advantage accompanying it with reference to the explanation at the time of being taken into consideration in relation to the following detailed explanation, especially an accompanying drawing.

[0021]

*** NOTICES ***

JPO and NCIPI are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. **** shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

DETAILED DESCRIPTION

[Detailed Description of the Invention]**[0001] [Reference of application under other coincidence connections]**

Serial No.60 which applied for this un-provisional application on September 17, 1997 / 151 (these contents are included in this specification) -- receiving -- an United States patent method -- priority is asserted under piece [35th] 119 articles (e). [059 and 151] This application relates to "System and Method for Monitoring and Controlling Gas Plasma Processes" (059 Serial No.60/151) and "Electrical Impedance Matching System and Method" (059 Serial No.60/176). In application of both sides, this application relates to "System and Méthod for Monitoring and Controlling Gas Plasma Processes" (Serial No. and Attorney Docket No.2312-742-6YA WO) and "Electrical Impedance Matching System and Method" (Serial No. and Attorney Docket No.2312-741-6YA WO) further. It applies for both sides on this specification and the same day, and these applications are included in this specification as reference.

[0002] [Field of the Invention]

Concerning plasma generation system, this invention is applicable to the system using the plasma, in order to process a substrate more like [a detail] a semiconductor wafer.

[0003] [Description of the Prior Art]

In many electric apparatus or solid-state manufacturing installations, the plasma reacts with a substrate like a semiconductor wafer. A plasma treatment system is used with RF power with which for example, the wireless (RF) power for starting and holding the plasma (processing) is sent in a gas by the inductive and/or capacitive plasma joint component (plasma coupling element). According to the example, as shown in drawing 1 A, an electric conduction loop formation or the spiral coil 5 can function as an inductive plasma joint component. As shown in drawing 1 B, an electrode five E1, i.e., 1 set of electrodes, and five E2 can function as a capacitive plasma joint component.

[0004] Some phases are needed in order to generate the plasma. First, as shown in drawing 1 A and drawing 1 B, a gas is supplied to the processing chamber 1 through the gas inlet port 6. The RF power source 3 equipped with output-impedance RS supplies RF power to a plasma joint component (for example, the coil 5 in drawing 1 A, the electrode five E1 in drawing 1 B, five E2), next this plasma joint component excites a gas to the plasma in a fixed field (plasma field 2) with said processing chamber.

Next, the plasma is used in order to process a substrate like a semiconductor wafer 4. Many conventional systems supply RF power through an electric matching circuit network (matching network). The U.S. Pat. No. 5,325,019 specification given to Miller & Kamon shows the approach using the information in the frequency for supervising the condition of the plasma and accessing it.

Furthermore, refer to Gesche (U.S. Pat. No. 5,576,629 specification) & Vey (U.S. Pat. No. 5,025,135 specification), the Patrick, etc. for Turner etc. (U.S. Pat. No. 5,474,648 specification).

[0005] The plasma is often held in a part of current-voltage characteristic of said plasma known as "an abnormality glow situation (abnormal glow regime)", as shown in drawing 3. In this situation, since the electrode and ion of high density exist and serious electric field also exist, the plasma usually tends to be influenced [which adjoins said abnormality glow situation] of arcing (arcing) produced in a part of

current-voltage characteristic. Arcing is in the condition which spread covering the usually remarkable amount and which is weak in the current flow field within the plasma in the field (called an arcing field) which has the concentrated arcing current, and which was localized very much. It originates in the high speed attained in arcing with high concentration of power dissipation (power dissipation), and the electron and ion in an arcing field, and the front face of the substrate of a system component is changed by surface sputtering and/or local heating by impregnation of ion or an electron, or may receive damage.

[0006] Although arcing of a chip box produces damage working normally [a plasma treatment system] at the time of most or the low violence (low-severity) which completely is not produced, more frequent arcing can pose more inferior engine performance or a serious problem which can cause even the failure of a circuit currently processed by high violence (high-severity). Furthermore, intense (severe) arcing may do damage to one or more components among processing systems, and, thereby, needs to exchange an expensive component. Furthermore, about a processing system, in order to exchange the component which received damage and to correct/or an arcing problem, it is necessary to stop. Even if the component in a system has not received the damage on to the extent that exchange is needed immediately, pitting (pitting) of the front face of a chamber, an electrode, or other components produces a particle, and, thereby, a system or a substrate is polluted. or [furthermore, / that a wafer is removed from a chuck by this by arcing confusing the electric field which attach a wafer in a chuck in the system using an electrostatic chuck (electrostatic chuck)] -- or it will be in the condition of having been separated.

[0007] although arcing of high violence is sometimes visible as a flash plate of light, if it is in a condition intense enough although arcing sees, probably the system or the substrate also obtained ** and has already received damage. Furthermore, it is often hard to detect arcing (for these to be able to serve as a sign of a more intense arc) of low or quiet violence. Furthermore, arcing may be produced for too much power accumulated in one or more components for example, in a plasma treatment system (or substrate), or various reasons like an impurity/contamination which were localized. Furthermore, once arcing arises, according to the consecutive thing, possibility that still more intense arcing will arise will become higher.

[0008] It originates in the difficulty of predicting arcing, and in order to avoid the condition that it may be connected with arcing, the conventional system is sometimes comparatively low, or is performed in safe power. However, there are some processings which serves as a sign or are not performed by optimum using moderate (conservative) power level. Furthermore, not necessarily effective, even if it carries out using RF power for eye bracing. the reason is for not restricting that a safe operating range is not necessarily determined, but arcing's boiling many things further, and being generated for a reason. The difficulty of determining a safe operating range is puffed up according to the inclination for a system to become easy to receive arcing increasingly as a system is polluted and it falls from a normal busy condition.

[0009] One of the first patent application explaining how to detect an arc in glow discharge is based on Oppel (U.S. Pat. No. 4,193,070 specification). In this, a control system supervises discharge voltage and a current. It is called having produced the arc, when an electrical potential difference falls caudad from a threshold and a current goes up above a threshold. Some other patent application follows the same approach to supervising all the random abnormalities (anomaly) in discharge voltage and/or currents, these rate of change, and/or an electrical signal. Refer to the U.S. Pat. No. 5,241,152 specification by the U.S. Pat. No. 5,192,894 specification by Teschner, Anderson, etc., the U.S. Pat. No. 5,427,669 specification by Drummond, and the U.S. Pat. No. 5,611,899 specification (after setting on these specifications, it is "No. 899 patent") by Maass. The method of preventing an "intense" arc also shows especially 'No. 899 patent, and after sensing the condition that some were defined, the AC power is adjusted here so that an arc may be avoided. Next, about a big arc, it is interpreted as what does damage to a substrate depending on the case, and stops processing. Furthermore, said arc sensing approach is restricted to supervising the electrical potential difference and rate of change of a plasma joint component.

[0010] The neuron network (neural network) has been used for both the prediction and control in many fields. About using a neuron network in semi-conductor processing, in order to predict the terminal point (endpoint) of etching processing By Maynard etc. "Plasma etching endpointing by monitoring RF power systems with an artificial neural network" (207 95 Electrochem.Soc.Proc., -4, p189- 1995), "Plasma etching endpointing It is discussed in by monitoring radio-frequency power systems with an artificial neural network" (J. Electrochem.Soc., 143 (6)). System monitors are some electric components (the capacitor value especially in transmitted power, reflective power (reflected power), and a matching circuit network, direct-current bias, etc.).

It is trained so that it may observe, and these properties are made to correlate with the terminal point of etching processing. Here, the terminal point was determined through the ellipsometer (ellipsometer), and was programmed through the input by the user. In essence, a neuron network shows a means to make the interrelation of some measurable variables correlate with generating of an event, in order to establish predictability.

[0011] One application of a neuron network is system feature attachment. A large number [the reference in which the attempt by which electrical characteristics are characterized is shown]. Logan, "Electrical characterization of radio-frequency sputtering gas discharge" by Mazza & Davidse (J.) [Vac.] Sci.Technol., 6, and p.120 (1968), "Electrical characteristics of parallel-plate RF discharges in Argon" (IEEE Transactions on Plasma Sci. and 19 (4) --) by Godyak p. 660 (1991), "Electrical by Sobolewski characterization of radio-frequency discharges in the Gaseous ... Refer to "(J. Vac.Sci.Technol., 10 (6), (1992)). Refer to Fox & Kappuswamy (U.S. Pat. No. 5,479,340 specification) about the real-time control of the etching processing using multivariate analysis.

[0012] In the conventional technique, a usual monitor and a usual control system control generating of an arc by activating stopping a power input immediately and the switch for discharging the electrical potential difference of the opposite sign (opposite sign) which crosses an arcing electrode in order to remove an arc in some cases. This example is Sturmer (U.S. Pat. No. 5,241,152 specification) & Teschner(s) (U.S. Pat. No. 5,281,321 specification), such as Teschner (U.S. Pat. No. 5,192,894 specification) and Anderson, Drummond (U.S. Pat. No. 5,427,669 specification), and Lantsman (a U.S. Pat. No. 5,584,972 specification is included.). However, in many cases, such patent application is indicating about the approach of a response for the arc which has already done damage to a substrate or processing hardware.

[0013] [Problem(s) to be Solved by the Invention]

Especially the purpose of this invention is arcing's being detected and characterized and offering/or the system which can be reduced, and an approach so that generating of arcing can be controlled and prevented during activation of the plasma treatment which used the high density plasma.

[0014] [Means for Solving the Problem]

Originating in the nonlinearity of a proper at the electrical characteristics of the plasma, RF power source of the single frequency combined with the plasma generates a higher-harmonic signal (namely, component in the multiple or higher harmonic of fundamental frequency of RF power source) in the circuit for generating the plasma and this plasma. According to this invention, when arcing has not arisen, in frequencies other than fundamental frequency and harmonic frequency, most or not existing at all are recognized for a signal. However, a signal is generated [be / it / under / arcing / setting] in frequencies other than fundamental frequency and harmonic frequency. The arcing signal has the broadband property and usually has the downward frequency component, the frequency component between a fundamental wave and the lowest higher harmonic, and the frequency component between higher harmonics from the fundamental wave.

[0015] According to the description with this invention, about said arcing signal, in order to bring about the display of the occurrence frequency of an arcing event, and/or magnitude, it can measure and use. Furthermore, it is recognized that the technique which constitutes the profile (profile) of an arcing signal as a function of frequency can supply the information about the location of the arcing operation in the component which produces arcing, and a system, the violence of arcing, and/or the occurrence frequency of an arcing event. It can train in order to identify the component which similarly arcing is

detected or predicted [component] and produces arcing about a neuron network and to bring about the approximation-real-time control (near-real time control) of processing further.

[0016] In order to control arcing, it can be interrupted temporarily and can be made to return after predetermined time amount about RF power after the event of an intense arcing event or a single string generated frequently. Next, warning that power was interrupted is given to human being's operator or automatic central control unit. It may be necessary to rarely happen or to take the further action to fewer arcing events of violence. To a frequent arcing event more intense again than **, warning that a system should be fixed soon is given to an operator or an automatic central control unit. Further much more frequent and warning that a system needs repair immediately to an operator or an automatic central control unit to/or intense arcing are given. To the most frequent arcing also with **** intense again with the danger that a system or a substrate will receive damage at once, a system stops automatically.

[0017] This invention enables detection (or prediction) and control of arcing, before it offers the protection improved to the harmful effect of arcing in a plasma treatment system and arcing does damage to a system. Furthermore, this invention also offers the detailed diagnosis about an arcing problem. These descriptions cannot be available in the conventional system, and the substantial benefit in reducing the damage over a system or a substrate can be brought about. Furthermore, by controlling arcing to fitness more, a system can operate in the optimal range for processing of a substrate rather than it operates in the safe margin for preventing arcing. Furthermore, it can be made to operate more efficiently about a processing system. The reason is for avoiding / reducing the need of being able to use in order to judge when a maintenance being needed, and to perform a maintenance, when the most convenient, and stopping equipment in down stream processing by this about arcing information for a maintenance.

[0018] This invention has described two methods of supervising and detecting existence of an arc working [RF plasma source]. The 1st approach supervises the frequency content of the electrical signal extracted from the various electric components combined with the plasma. basic RF drive frequency (usually 13.56MHz) -- in addition, a signal originates in the property of the nonlinearity of a proper and exists in the plasma in harmonic frequency. Furthermore, generating of arcing in the electric component of a plasma system generates a broadband frequency content in a signal. Therefore, it can use in order to detect an arc for the sub-band (sub-band) of a frequency domain (frequency space [detail] between harmonic frequency) and to evaluate these force. The 2nd approach is being connected with the 1st approach and observing the response of the frequency content to the dither ring (dithering) of RF input.

[0019] Furthermore, this invention offers the approach based on the neuron network for predicting and preventing generating of the arc in RF plasma chamber. Use of a neuron network needs "to train" for a system (the computer system and equipment which are used in order to supervise RF plasma electrical system) so that the relation (these relation shows generating of an arc) between various parameters, an electrical parameter, etching / deposition (deposition) parameter, a pressure, etc. may be learned. About the magnitude of an arc and frequency, and the location of these arcs, prediction can actually become possible according to the 'training' level or RF system feature of a system. An arc is detected and prevented based on the inclination or property relevant to mutual of a network about a component. this property -- "a micro arc" -- that is, big (a success of processing may be exposed to risk or serious damage may be brought to a wafer) -- again -- ** -- it can recognize as a series of small amplitude arcs before generating of an intense arc.

[0020] [Embodiment of the Invention]

A perfect understanding becomes [rather than] clear about this invention and the advantage accompanying it with reference to the explanation at the time of being taken into consideration in relation to the following detailed explanation, especially an accompanying drawing.

[0021] Hereafter, when drawing is referred to (the same reference number lets some drawings pass, and shows the part which is identitas or corresponds in these drawings), drawing 1 A and drawing 1 B show roughly the example of the processing chamber which performs RF generating type (RF-generated) plasma treatment. About RF power, as are shown in drawing 1 A, and inductively shown in drawing 1 B, it is in ***** in capacity, and it can join together in a processing chamber. ((like chlorine or

oxygen) It is) A gas is introduced in the processing chamber 1 through the gas inlet port 6. The RF power source 3 equipped with output-impedance RS supplies RF power to a plasma joint component (these plasma joint components may be the coil 5 in drawing 1 A, the electrode five E1 in drawing 1 B, and five E2). (The further plasma joint component to which power is supplied can be equipped with bias shielding and an electrostatic chuck.) In the field 2 of said chamber, the plasma is formed and RF power reacts with workpiece [like a wafer 4] whose plasma is. Although this invention is explained with reference to RF generating type plasma, it should be understood that the various descriptions of this invention can be applied also to the system which has the power source which operates in frequencies other than RF.

[0022] As shown in drawing 2 , in order to supply the transfer of power from RF source to a plasma joint component, an impedance-matching network 20 is used. This circuit changes the input impedance of a plasma joint component (for example, coil 5 of drawing 1 A), and thereby, this (it is dependent on the condition in the plasma) impedance approaches with the output impedance of the RF source 3, and is adjusted. The information about the plasma state can be acquired from the electrical signal which exists in this node by connecting an electric probe or a sensing element to at least one node of the plasma generating circuit 22. About connection, it can carry out to the node (nodes N2, N3, or N4) of a plasma joint component (node N4) and a matching circuit network, the cable (nodes N1 and N2) connected to the matching circuit network or the RF sources (node N1), or combination. Or about an electrical signal, although combined with the plasma, it is receivable with other signal sensing elements which do not supply power to the plasma again. For example, an inductive loop formation, a coil (for example, loop antenna), or a capacitive probe (for example, a wire or a dipole antenna) may be used as a signal sensing element.

[0023] As shown in drawing 5 A - drawing 5 C, the received signal usually has a big component other than the big harmonic content f2, f3, f4, f5, and f6 of some which are produced by the nonlinearity of the plasma in the fundamental frequency ff of RF source. When arcing has not arisen, as shown in drawing 5 A, other important components do not usually exist. However, since the configuration of an arcing wave generally is not connected with the wave-like configuration generated with RF source, an arcing signal usually has a component in the frequency which is not related in the fundamental wave and higher harmonic of RF source. An arcing signal has a broadband property, and as shown in drawing 5 B, in some cases, a frequency reaches far and wide, and it exists in them. More clearly, as shown in drawing 5 C, the component of a signal received in the specific object band B1 appears in a sub-band (SB1, SB2), when arcing arises. As shown in drawing 5 C, it can depend for the amplitude of the specific frequency component of an arcing signal on the frequency.

[0024] According to the description with this invention, the component of the signal with which it was received other than the fundamental wave and the higher harmonic is measured in order to detect arcing. The part of the frequency spectrum between a lower part, and fundamental waves and the lowest higher harmonics and between higher harmonics is observed by the plasma control unit 77 (drawing 10 and drawing 11) from a fundamental wave. In the operation gestalt desirable now, the plasma control device 77 has converter 77A which acquires the received signal and changes this signal into a digital format. If the amplitude of the signal component received in the frequency of the above-mentioned part of frequency spectrum is larger than the 1st predetermined threshold, a plasma control unit will give display that the arcing event was detected to the central control unit 78 shown in human being's operator or drawing 10 . If the amplitude of the signal component by which the above-mentioned was received is larger than the 2nd higher threshold, a plasma control unit may suspend processing.

[0025] Furthermore, as shown in drawing 11 , a plasma control unit can have central processing unit 77B which receives the amplitude information other than power control unit 77C which controls RF power source from a converter. If the amplitude of the received component of a signal exceeds a predetermined value like the 2nd above-mentioned threshold, power control unit 77C can be ordered central processing unit 77B to reduce the power supplied from one or more RF power sources, or to stop one or more RF power sources.

[0026] Drawing 11 shows the instantiation operation gestalt of the plasma control unit by this invention.

The plasma control unit 77 has converter 77A, central processing unit 77B, and power control unit 77C. The received signal is sent in converter 77A through input-signal input port 7702. Converter 77A sends the processing signal which processed the received various components of a signal and was produced as a result to central processing unit 77B through the digital port 7780. Central processing unit 77B sends an instruction to power control unit 77C through other digital ports 7790. Power control unit 77C supplies the signal for controlling RF power source in the power control unit output port 7704. Power control unit 77C can be ordered central processing unit 77B to change the electric energy which carried out the turn-on of the RF power source, and carried out the turn-off of the RF power source, or was supplied by RF power source. In the desirable operation gestalt shown in drawing 12, transducer 77A has only A/D converter 77A1 which changes into a digital format the analog signal received in input-signal input port 7702. About the number of bits of the precision needed in order to detect / predict arcing, it may be peculiar to processing and selection of A/D converter 77A1 can be affected.

Furthermore, a sampling rate expresses the maximum-permissible possible setup time about A/D converter 77A1. (to digital format) The changed signal is outputted to central processing unit 77B. In order to determine the energy in each sub-band, a fast Fourier transform (FFT) is used for both A/D converter 77A1 and central processing unit 77B, and they process the changed signal. The method of determining the energy in a sub-band is well-known in the conventional technique, and is taught by David L.Nicholson in "Spread Spectrum Signal Design" (this reference is published by Computer Science Press of Maryland Rockville, and is built into this specification as reference.).

[0027] Drawing 13 shows other operation gestalten of converter 77A by this invention. Converter 77A obtains an input signal through input-signal input port 7702, divides an input signal in signal division equipment 77A2, and changes the divided signal in A/D-conversion equipment 77 A3.

[0028] Drawing 14 shows the operation gestalt of signal division equipment 77A2. A signal is sent in a splitter 7745 and this splitter 7745 is divided into the signal with which the plurality to which said signal is supplied by Channels CH1-CHn was divided. In this example, a division signal is sent to two or more down converters (downconverters) DCR1 - DCRn, and these down converters DCR1 - DCRn carry out the down convert of the division signal, in order to supply the signal by which the down convert (DC) was carried out in the processing signal port 7760 which has Channels 7761-776n. Each down converter DCR1 - DCRn carry out the down convert of the part (namely, a different sub-band) from which frequency spectrum differs. Although drawing 14 shows only three channels of a signal processor, it is clear that you may have four or more channels corresponding to the sub-band of four or more frequencies.

[0029] Drawing 15 shows the example of A/D-conversion equipment 77 A3 by this invention. In this example, the processed signal (for example, the down convert was carried out) is received through the processing signal port 7760 which has Channels 7761-776n. The signal by which the down convert was carried out is measured by two or more analog / digital transducer A/D1 - A/Dn, and these analogs / digital transducer A/D1 - A/Dn are digital formats about a measurement result, and are supplied through the digital port 7780 which has Channels 7781-778n. Although drawing 15 shows only four channels of A/D-conversion equipment 77 A3, it is clear that you may have the channel of the number of the arbitration corresponding to the A/D converter of the number of arbitration.

[0030] Drawing 6 A shows an operation gestalt desirable now in case a down converter circuit is used. According to this invention, this down converter can be used in order to measure some frequency spectrum. The down convert of the signal received from the circuit combined with the plasma is carried out at DC signal with the down converter using the heterodyne circuit which has the low-pass filter which has the local-oscillator source 65, a mixer M1, and resistance R6A and capacitor C6A. An input signal Vi is sent to the radio frequency (RF) terminal of a mixer, and a local-oscillator (LO) signal is sent to LO terminal of a mixer. The signal from the intermediate frequency (IF) terminal of a mixer is sent to an above-mentioned low-pass filter (it has R6A and C6A), in order to generate output voltage VO. The signal which is produced as a result and which the down convert was carried out and was filtered shows the amplitude of the component of the input signal in the sub-band of the fixed frequency of the frequency band currently taken into consideration. The circuit of drawing 6 A can function as one

channel of the control device with which a plasma control device is equipped. Furthermore, using two or more down convert channels (these channels have the local oscillator frequency from which each differed) which can be set in a transducer, a down convert can be carried out and the various frequency components of a spectrum can be filtered. Each signal which the signal which the down convert was carried out and was filtered, and which was supplied by the converter was sent to A/D-conversion equipment, and the down convert was carried out and was filtered since arcing was detected and characterized by this A/D-conversion equipment in a plasma system is measured, and it judges whether said signal is more nearly up than one or more predetermined thresholds in each.

[0031] Or about the received signal, a down convert may be carried out again using the easy rectifier circuit equipped with the filter. The example of such a circuit is shown in drawing 6 B, and has Diode Di and a low-pass filter (it has resistance R6B and capacitor C6B). When the rectifier circuit of drawing 6 B is used, before the input Vi of a rectifier circuit, a band-pass filter is used and the request part of frequency spectrum needs to be chosen. About the circuit of drawing 6 B, you may have in the converter of a plasma control unit.

[0032] Drawing 10 shows the example of the processing system which can apply this invention. In this example, three plasma joint components called chuck (for example, electrostatic chuck) 5C for holding inductive coil 5A, capacitive bias shielding 5B, and a wafer 4 exist in a system. Although one purpose of a chuck is holding a wafer, this chuck can also be used in order to supply RF power to the plasma. Each plasma joint component can receive power from RF source (3A, 3B, 3C), and each of these RF sources can be separately adjusted in the amplitude and frequency of power which were supplied. In the system using an ion energy modulation (IEM), the frequency of the power sent to the chuck may be farther [than the frequency (for example, 13.56MHz) of the power sent to the plasma joint component] low (for example, 500kHz). It should be understood that it can use with sufficient convenience also in the alien system from which the system of drawing 10 is supplied as an example, and arcing poses a problem about the various descriptions of this invention. For example, about this invention, it can use also in the system which has only one plasma joint component, and the system which has the sputtering source.

[0033] Said plasma control unit 77 may be the computer system roughly shown in drawing 20. The computer system 1100 has the housing 1102 which holds the mother board 1104 equipped with a central processing unit (CPU) 1106 (for example, Intel Pentium, Intel Pentium II, Dec alpha, IBM / Motorola ???PC), memory 1108 (for example, DRAM, ROM, EPROM, SRAM, a flash plate RAM, etc.), and the logical unit (for example, ASIC) of other alternative special purposes or the logical unit (for example, GAL and FPGA which can be cast) in which a device setup is possible. Furthermore, according to this invention, a computer system has the analog digital (A/D) input 1126 for receiving a signal from the various matching circuit networks 80A-80C (drawing 10). Furthermore, this computer has the communication link port 1128 for communicating with a central control unit 78 (drawing 10). A computer 1100 has further two or more input devices (for example, a keyboard 1122 and a mouse 1124) and the marker card 1110 for controlling a monitor 1120. Furthermore, a computer system 1100 is equipped with the high density media drive of the immobilization connected with a floppy disk drive 1114 and other removable (removable) media equipments (for example, a compact disk 1119, a tape, removable magneto-optics media (not shown)) using a hard disk 1112 or other suitable device buses (for example, a SCSI bus or an en hunger strike IDE bus). Although the compact disk 1119 is shown in CD caddie, a compact disk 1119 can also be directly inserted into the CD-ROM drive which does not need a caddie. Furthermore, since it connects with the same device bus or other same device buses as high density media equipment, a computer 1100 can also be additionally equipped with the compact disk reader 1118, compact disk reading / write-in equipment (not shown), or a compact disk jukebox (not shown). Furthermore, a printer (not shown) can supply the printing copy of the important information relevant to actuation of a plasma control unit like record of training, or RF power level covering a production process and an arcing operation.

[0034] Furthermore, said computer system has the medium (computer readable medium) which can be read by at least one computer. The examples of the medium in which reading [computer / such] is

possible are a compact disk 1119, a hard disk 1112, a floppy disk, a tape, a magneto-optics disk, PROM (EPROM, EEPROM, a flash plate RAM), DRAM, SRAM, etc.

[0035] Since what combined one of the arbitration of the media which can be read, or said medium by said computer memorizes, this invention is equipped with the software for enabling a computer 1100 to control the hardware of a computer 1100 and to carry out mutual transfer with human being's user and the controlled system. Although you may have such software with user application like a device driver, an operating system, a development tool, or a system monitor (graphical), it is not restricted to these. Furthermore, it has a computer program for operating the plasma control unit which follows spectrum profiling (spectral profiling), neuron network control, fuzzy control, or the nonlinear control approach of other arbitration by such computer according to this invention in the medium which can be read.

[0036] It is permissible said plasma control unit can function as a remote computer, and an operator "to log on (log on)" to a host computer. Said host computer may be a central control unit 78 (drawing 10), and can control not only this specific processing but other processings in a production line. It can also restrict the possible selection permitted that an operator performs a host computer [as / in drawing 20] during activation of processing, and it is reducing the danger of the error by the operator, without even the operator trained by altitude needing by this. Similarly, in other operation gestalten, a plasma control device is controlled through GUI like a client-server program using a WWW (it has CGI Scripts, Active X components, and Javascript) interface.

[0037] About this invention, it can perform for convenience using the microprocessor programmed according to instruction of the conventional general-purpose digital computer or this specification so that clearly [this contractor]. This contractor of software skill can be prepared about suitable software coding based on instruction of the contents of an indication of this invention so that clearly.

Furthermore, about this invention, it can perform by preparing an application-specific integrated circuit or incorporating the suitable network of the conventional component circuit so that it may become clear easily at this contractor. Furthermore, about the plasma control unit 77 and central control unit 78 of drawing 10, it should be clear that it can have in a single control unit and all the functions of these plasma control unit 77 and a central control unit 78 can be performed. This single control unit may be a computer system similar to the system of drawing 20, the function of a plasma control unit is performed under directions of the 1st software approach in this, and the function of a central control unit is performed under directions of the 2nd software approach.

[0038] As shown in drawing 5 C, about the amplitude of the 1st component of the arcing signal in the 1st sub-band SB 1, it differs from the amplitude of the 2nd component in the 2nd sub-band SB 2 remarkably. According to one of the advantageous descriptions of this invention, a plasma control unit can make a judgment about whether should suspend processing or warning should be given to an operator or a central control unit 78 (drawing 10) by analyzing the amplitude of the frequency component from which an arcing signal differs. In a detail, it can train about the plasma control unit 77 using the data collected during actual processing by operating this plasma control unit 77 as a nonlinear neuron network. With such a neuron network, it is well suitable for answering the nonlinear characteristic of the plasma, and there being a noise, using inadequate data, and detecting / preventing arcing appropriately. Furthermore, according to the "spectrum profiling" description with the sufficient convenience of this invention, it is recognized by comparing with 1 set of amplitude data in the database of known spectrum profiling the amplitude of the frequency component of a different arcing signal generated during processing that a plasma control unit can detect / prevent arcing. Furthermore, using both approaches, a plasma control unit can judge whether it is the condition that more intense arcing is likely to happen, if the violence of arcing, a location, and a cause can be determined and processing advances.

[0039] In the example of drawing 5 C, the band B1 currently taken into consideration has fundamental frequency fF and the 2nd harmonic frequency f2. Or or it is more narrow, a wide band can also be used again. According to an example, an object band can exist completely between the 2nd higher harmonic f2 and the 3rd higher harmonic f3 (** which does not mind any higher harmonics in between).

According to other examples, from the upper part frequency (upper frequency) of this band, an object

band may include the fundamental frequency other than all downward higher harmonics, and may also reach from DC to the upper frequency of the 6th higher harmonic f6. Furthermore, although an object domain may have some higher harmonics, a system may disregard the field located to the perimeter, including these higher harmonics.

[0040] According to the description of the neuron network of this invention, drawing 7 shows the configuration of the neuron network used as some plasma control units 77. About a neuron network, it can perform in either hardware or software using a central control unit 78. in the training phase of this invention, in an input layer, a neuron network receives a series of inputs, and makes weighting these inputs according to early (for example, random -- uniform) weighting. Input values are collected between normal processings, and are memorized during training. As an input which has possibility in others, there are the energy for each sub-band, the frequency of RF source, a phase and energy, a pressure of the plasma, time amount from cleaning, and time amount from the last n arc as shown. The time amount from the last cleaning enables a neuron network to follow change of the arcing condition over time of day rather than having static mapping (static mapping). The time amount from the last n arc is a series of values of n pieces updated in specific clock spacing in practice. Each of such input measured value is taken periodically, and is memorized as a training effective data (training validation data). The condition of a system is also memorized in case measured value is taken. Using the measured input and a known output, a system can be trained using the neuron network algorithm of the number of arbitration so that clearly [this contractor]. Sufficient training cycle of a number is performed in order to update weighting in early stages of a system that the result of a request (inside of a specific error range) should be outputted correctly, when a system is tested using an effective data. About unrelated data, it is removable by performing sensibility analysis to each input with reference to an output. By reducing the number of inputs, the efficiency of future training can be gathered and the whole engine performance improves. Next, about a neuron network, it can use even in order to avoid an error by reducing RF power input before arcing further in order to predict / detect an error. Similarly, about a neuron network, it can use when the plasma control unit 77 detected that the system was not operating normally any longer in order to tell a central control unit 78.

[0041] a ***** [that warning should be given to an operator or a central control unit about the information about the violence of arcing, a location, and/or a cause according to the "spectrum profiling" description of this invention] -- and/or, it can use in order to judge whether processing should be terminated or not. For example, by arcing more intense than (3) which arcing has produced in the location near the component with which (1) arcing tends to (2) 2 [intense] Break (or generated) arising, and meeting and coming out, if it is in a certain condition [like], processing can be terminated. The information from either a neuron network or "spectrum profiling" can show which is approaching the condition that arcing or intense arcing is likely to arise [a system] to a pan or others. For example, although the present down stream processing can be completed without doing damage to an arcing event, if information shows that damage on an arcing event may arise in the following down stream processing, a maintenance can be performed between the present down stream processing and the following down stream processing. As a result, the following damage and/or the interruption about down stream processing are avoidable.

[0042] When using spectrum profiling, it can compare, while carrying out fluctuation or "the dither (dither)" of the amplitude of RF power which could compare the amplitude of a frequency component with the amplitude data in a database directly, or was supplied to one or more of plasma joint components slightly. The input signal produced from the first RF power amplitude differs from "the reply signal by which the dither was carried out" produced from different (that is, the dither was carried out) RF power amplitude. Arcing in a system can be characterized more by carrying out the dither of the power to one element, and observing the dither-ed reply signal of other elements. For example, under a quiet arcing condition, the amplitude of the component of the arcing signal from the 2nd plasma joint component E2 increases 1% by making the power supplied to a certain plasma joint component E1 increase by 1%. Under a more intense arcing condition, the amplitude of the above-mentioned component of E2 increases 2% by making the power supplied to E1 increase by 1%.

[0043] carrying out the dither of the amplitude of RF power supplied to the 1st element, and observing the reply signal of the 2nd element of a dither-ed -- in addition, the same effectiveness is seen also by carrying out the dither of the amplitude of the power supplied to a certain component, and measuring the dither-ed reply signal component from the same component. Furthermore, not only the field (namely, arcing field) that the violence of arcing and arcing have produced but the effectiveness which carries out the dither of the RF power amplitude is. It is dependent on which plasma joint component is producing arcing. A specific dither-ed reply signal profile corresponds to the violence, the specific specific arcing factor, and/or the specific specific arcing field of arcing. The violence, the detected arcing factor, and/or the detected arcing field of detected arcing can be determined by adjusting the dither-ed reply signal which had the detected dither-ed (that is, measured) response profile memorized as a result.

[0044] The databases of the usual arcing condition are collected during processing, and are compiled. An example of the procedure for generating this database is shown by the flow chart shown in drawing 8 and drawing 9. The given system is tested under the various operating conditions for building the database for these systems. This system may be a newly designed system, and about data, can be obtained just before an equipment manufacture phase, and, thereby, can perform a database and the control software in the manufacture phase of equipment. Or it can prepare for said format or equipment of a format which could obtain the database a specific format / for the equipments of a format, and supplied a database and the control software by this to existing equipment again based on remodeling the old mold equipment, or was newly generated. system characterization **** (that is, a database is formed in order to supply the "map" which can be used in down stream processing later) equipped with three plasma joint components in the example shown in drawing 8 and drawing 9. The parameter which is changing about this test is each amount of RF power supplied to three plasma joint components. While the procedure in this example changes only three power level, a test procedure can change other parameters. Although these parameters have each frequency and phase of RF power signal currently supplied to said plasma joint component, they are not restricted to these. Furthermore, the data in a database can have the information about down stream processing after the last maintenance is performed, or the number of cycles, and, thereby, the information about generating (frequency and/or violence) of arcing produced as contamination of a system component and/or a result of a depression is supplied.

[0045] Since a system is characterized by the amplitude of RF power supplied to each plasma joint component, a frequency, and the phase according to drawing 8 and the database generating procedure of drawing 9, it changes systematically over the useful whole operating range. The amplitude data by which the frequency spectrum (namely, components other than a fundamental wave and a higher harmonic wave) of an arcing signal is characterized are memorized by the database as a "spectrum profile" to each group of the power condition which the signal received from the circuit combined with the plasma was measured, and was tested. As shown in drawing 8 and drawing 9, a phase 700 initializes system parameters other than RF power (for example, a gaseous mixture and a pressure) to a desired value. A phase 701 initializes all RF power level to zero. As for a phase 702, only the specified quantity (namely, related with P3 1 power phase) increments P3. Next, in a phase 703, the increment of P2 is carried out only for 1 (or 1 power phase). In a phase 704, P1 increases only 1 power phase. In a phase 705, the spectrum profile (this spectrum profile has the amplitude of one or more frequency components) corresponding to current power level is measured and memorized. Furthermore, a phase 705 memorizes the present power level. In a phase 706, the amplitude of the signal component received from the circuit combined with the plasma is measured in order to detect whether arcing arose or not (that is, did one or more amplitude exceed the predetermined threshold or not?). If arcing is detected, the flow of a procedure will go to a phase 707 and a phase 707 will detect the violence and/or frequency of arcing. About the violence of arcing, it can determine by using the further instrument which is sensitive to detecting very intense arcing like a photosensor in consideration of the above-mentioned amplitude measured in the phase 706 in some cases enough, and is obtained. If no arcing is detected, it judges whether the phase 710 reached the final value (namely, highest value expected information in obtaining a database) of P1. When the final value of P1 is reached, in a phase 711, P1 is set as zero, and the

increment of P2 is carried out to the following value in a phase 703.

[0046] intense and frequent arcing detects in a phase 707 -- having (that is, one or more of arcing signal amplitude having exceeded the "intense arcing" threshold, and/or an arcing event having arisen more frequently than the predetermined range) -- the phase 716 of setting all power level as zero is performed. About the frequency of an arcing event, it can determine by, for example, counting the number of the arcing events generated within a specific period.

[0047] After a phase 716 is completed, a phase 717 memorizes the spectrum profile relevant to intense arcing in a database besides record of three power level before and behind arcing, in order to determine which plasma joint component [change of which power level, or] caused intense arcing. In a phase 718, a system has a damage carrier beam part inspected, and these parts are exchanged. The result of said inspection is inputted into a database with the record about which part was exchanged, in order that which part may assist the decision about receiving damage under a specific arcing condition (phase 726). Next, the power level of a system has an inclination attached in a phase 719 to the final value of P2 and P3 which did not produce arcing (ramped). A these "non-arcing" value is acquired from a database. In a phase 720, the record (inside of a database) which has the maximum-permissible possible value of P1 to these [P2 and P3] is broken. Next, to a phase 703, a procedure increments P2 to return, and a phase 703 is incremented to the following value, and a procedure is advanced.

[0048] In a phase 707, if intense or frequent arcing is not detected, the flow of a procedure goes to the phase 708 of setting P1 as zero. In a phase 709, P2 is inspected in order to judge whether it is a desired final value. Otherwise, as for a system, return and a procedure are advanced to a phase 703. If P2 is a final value, a system will be inspected in a phase 712, in order that P3 may judge whether it is in the final value for which information asks. If it is not a final value, as for a system, return and a procedure will be advanced to a phase 702. If P3 is in the final value, as for a system, a phase 713 is performed, and a phase 713 will be inspected in order to judge whether a test is repeated under the condition about a gaseous mixture different, for example or other processing parameters like a pressure of differing. If that is right, a test will be repeated by changing a suitable processing state in a phase 714, and returning to a phase 701. A procedure will be ended if it is not necessary to change all other parameters (phase 715).

[0049] Although the above-mentioned test procedure is performed by testing a system under two or more RF power amplitude, it can also perform other test procedures. furthermore -- or [for example, / recording systematically by the same approach as the power condition having been recorded and having browning-ized in the above-mentioned explanation corresponding to drawing 7 - drawing 9 about other parameters like a gaseous mixture a gaseous pressure, RF phase, and RF frequency] -- or it can be made to change Furthermore, it is the parameter which cannot be changed systematically and a system can be tested under the various conditions of the parameter which is the side effect (for example, the contamination/depression of a system covering progress of some down stream processing) of routine actuation of a system. About the rate from which a system will be in contamination / depression condition, it can be made to correlate with arcing data and, thereby, a suitable number about processing of the phase/cycle which can be performed until arcing arises, or until arcing becomes more frequently or intense of displays are given. Therefore, a maintenance can be planned when convenient.

[0050] Although the above-mentioned procedure supplies the discrete point (namely, value of the finite number about a power property) of a finite number, about the spectrum profile which will be expected under the conditions between the sampled data points, it can opt for it with interpolation of the actually collected data. The important data point has the condition very near the signs of arcing other than the condition that quiet arcing arises. Especially the data point in which it is shown that quiet arcing has arisen and that such arcing is the sign of more intense arcing is important. Other important data points can have the condition that damage was able to be done during the test of the specific component in a system. The reason is because the display about whether the given spectrum profile gives warning about damage to the specific component in a system is given by inspecting the component which received damage.

[0051] In order to process a substrate, when a system (the database is obtained for this system) is used, the spectrum profile of the signal received from the circuit combined with the plasma is supervised

periodically or continuously. next, processing -- or [that, as for the data obtained in process, existence of arcing and/or violence, or intense arcing is approaching] -- or it is compared with the group of the known spectrum profile memorized by the database in order to judge whether it is likely to be generated or not. According to the alternative description of this invention, about the data obtained in down stream processing, it can use in order to update a neuron network or a database periodically. For example, although a normal response is presumed in down stream processing and after a series of down stream processing, if data which have done damage to the wafer or change from the data of a database are obtained, the actual engine performance of a system can be used in order to change a neuron network or the memorized database. According to other alternative descriptions of this invention, about an everyday test procedure (daily test procedure) similar to the procedure used in order to generate a neuron network or a database, it can perform in order to guarantee that/or a system operates appropriately in order to update a neuron network or a database. The everyday test may be similar to the training procedure or database generating procedure of a neuron network which was mentioned above and shown by the example in drawing 7 - drawing 9. Or an everyday test may not be more comprehensive than the training procedure or database generating procedure of a neuron network again (that is, an everyday test procedure may test a system under a more nearly small-scale condition set). For example, about the initial value of P1, P2, and P3, you may set it as a higher value, and it may be set as lower level about/or the final value of P1, P2, and P3, and thereby, in an everyday test procedure, a system is tested covering the power level of the small range rather than it can set for a database generating procedure. Furthermore, about the value by which the increment of P1, P2, and P3 is carried out during an everyday test procedure, it may be larger than the value in a database generating procedure, and this is reducing the number of the data points collected during the everyday test procedure.

[0052] Or a periodical test procedure may be performed day again by the frequency not more than 1 time or more per or it. For example, spectrum information is acquired after down stream processing of a predetermined number, and which is used for the beginning of arcing with the intense group of a certain condition in order to judge whether it is approaching. Moreover, the condition of the same group generates a near profile by the profile in which the possibility of arcing, intense arcing, or frequent arcing exists more mostly. when a profile shows that the possibility of arcing, intense arcing, or more frequent arcing exists more mostly, an operator or a central control unit should give and have a display that a maintenance is needed -- **.

[0053] If the operational parameter about predetermined processing is separated from the operational parameter which probably makes it ** arcing produced about the operational parameter (for example, power level) of a predetermined group, the spectrum profile expected consists of a very small arcing signal, or does not need to have the arcing signal at all. However, arcing of an amount with specific measurable processing is decided, and as long as it needs remarkable high power level so that it may be generated (routinely), the spectrum profile expected may have the remarkable arcing signal. About this regular arcing, a fixed frequency component with a spectrum profile may expect that it becomes the bigger amplitude than other components. The amplitude by which the broadband signal as a function of a frequency observed in down stream processing was measured will resemble the profile in a database strictly.

[0054] According to the description with this invention, it is recognized that arcing which puts on a certain component or location, and is produced may be produced by other components of a system. For example, when the neuron network is trained during system feature attachment and a test or the database is generated, it is observed so that the condition of a predetermined group may bring a result of arcing in an electrode E1. furthermore, it is determined that arcing in E1 begins based on the increment in the power of E2 as a result of change (for example, the age, contamination, etc.) of other conditions of E2 by the case or. the profile which was trained based on the information collected during training/generating procedure and which was outputted or measured -- respectively -- processing -- about arcing in E1 in process, it is shown that it can use in order to tell an operator about a maintenance/exchange of E2 being needed. When it has furthermore improved, the cause of the arc in the location (namely, specific location of a component) where specific components are various can be

made to correlate with the cause or the probable cause about an arcing event.

[0055] if the measured profile does not have consistency with the profile in a database within the limits of specific accuracy according to the further modality of the spectrum profile monitor description of this invention, and the amplitude of the frequency component of the input signal by which current measurement is carried out does not have consistency with the amplitude in a database within the limits of the precision of predetermined level namely,, a plasma control unit may perform an amendment operation. According to the violence of the mismatching of profiles, it warns an operator of a plasma control unit, or when intense, it interrupts processing. It mentions especially that the deflection of the constant rate of processing from the original profile is expected as that with which a chamber is gradually polluted by everyday use as the age of a system. The example of the procedure for supervising this deflection and answering the deflection of a parenthesis is shown in drawing 16 and drawing 17.

[0056] It inspects in order to judge whether the plasma control device was chosen based on initiation (phase 900) of a procedure as criteria for the frequency of an arcing event to determine the level in which the acceptance about the violence of arcing is possible (phase 924). If chosen, the frequency of an arcing event will be measured (phase 918). For example, about the frequency of an arcing event, it can determine, counting the number of the arcing events generated within a specific period for example, and by measuring the life time of a period. Or about the frequency of an arcing event, it can determine based on the amount of time amount between events, and about the amount of time amount between said events, timing measurement can be performed between two arcing events, or it can opt for such timing measurement by calculating a multiple-times deed and an average again.

[0057] In order that said arcing event frequency may determine deflection level (level 1 -3), it is used (setting in a phase 920), and this deflection level is used later, in order to define whether it is separated only from which from the profile the detected profile was remembered to be. It is determined by the deflection of the profile detected from the memorized profile measuring the amount in which the amplitude of the various frequency components of the signal detected first is separated from the corresponding amplitude in a database, and then performing a mathematical operation (weighted mean) to the deflection between amplitude.

[0058] In a phase 924, if arcing event frequency is not chosen in order to determine level 1 -3, level is set as a predetermined value and a procedure goes to a phase 901. In a phase 901, the profile (that is, measured) which the signal was received by the plasma control unit, and the plasma control unit measured the amplitude of various frequency components, and was detected based on such measured value is constituted (phase 902). The memorized profile corresponding to the plasma state expected to the processing performed now is searched from a database (phase 903). The amplitude is compared with the amplitude in the memorized profile each detected frequency component (that is, measured) "was detected" "memorized", and the deflection of the amplitude (that is, measured) detected from the memorized amplitude data by this is determined (phase 904). Each memorized amplitude corresponds to the sub-band of a specific frequency. According to the alternative description of this invention, an operator can follow and display about the deflection between the amplitude of the detected arcing signal, and the amplitude of the memorized arcing signal (determined in the phase 904).

[0059] A procedure goes to a phase 912, without not performing an amendment operation of what, either and also giving an operator what warning, if the deflection of the amplitude detected from the memorized amplitude data does not exceed the predetermined 1st precision level (phase 905). Although deflection exceeded this 1st precision level, if it is not over the 2nd precision level (phase 906), warning that a system may need a maintenance soon is given to an operator (phase 913). Although deflection is more intense, when it is not emergency (that is, it is not over the 3rd predetermined level in the phase 908), an operator can give warning that the system needs the maintenance immediately (phase 914). The power control unit can be used in order, as for (a phase 908) and a plasma control unit, to perform halt actuation of RF power source, in [most intense] saying that the violence of arcing may do damage (that is, there is a danger that damage will occur soon to a system or workpiece), if it depends especially, and thereby, processing is suspended (phase 910).

[0060] Furthermore, a system can also follow the occurrence frequency of an arcing event. Warning will

be given to an operator or a central control unit if this occurrence frequency exceeds a predetermined value. A system can also be stopped when intense. This description is shown in the flow chart of drawing 18 R> 8. The occurrence frequency of an arcing event is measured based on initiation of a routine (phase 900B) (phase 901B). If this frequency exceeds the 1st predetermined level (phase 905B), a procedure will progress to phase 906B. Otherwise, a procedure is ended (phase 912B). Phase 906B judges whether arcing event frequency exceeded the 2nd predetermined level higher than said 1st level. If arcing frequency is not over the 2nd level, an operator can give warning that a system may need a maintenance soon (phase 913B), and a procedure is ended (phase 912B). In phase 906B, if arcing event frequency exceeds the 2nd level, a procedure will progress to 908B and phase 908B will measure arcing event frequency with the 3rd predetermined level higher than said 2nd level. If it is not over the 3rd level, warning that the system needs the maintenance immediately is given to an operator (phase 914B), and a procedure is ended (phase 912B). If arcing event frequency exceeds the 3rd level, every time it depends arcing especially, it is considered as what does damage to a system or workpiece, and the power control unit can be used for a plasma control unit in order to perform a shutdown procedure, and, thereby, processing will be suspended (phase 910B).

[0061] Furthermore, about a database, it can use in order to offer the information (for example, the violence of arcing, a cause, and/or a location) about an arcing event, as shown in drawing 19. The profile (that is, measured) which the signal was received by the plasma control unit, and the plasma control unit measured the amplitude of the various frequency components of the received signal based on initiation (phase 900C) of a procedure (phase 901C), and was detected based on such measured value is constituted (phase 902C). A database is searched in order to find the detected profile and the memorized profile to adjust (phase 930C). The amplitude with which the 1st of the 1st frequency component of the received signal (inside of the sub-band of the 1st frequency) was detected more clearly is compared with the amplitude (this supports the sub-band of said 1st frequency) the 1st from a database was remembered to be. Furthermore, it can compare with the amplitude (this supports the sub-band of said 2nd frequency) the 2nd from a database was remembered to be about the amplitude with which the 2nd of the 2nd frequency component of the received signal (inside of the sub-band of the 2nd frequency) was detected. Furthermore, comparing the amplitude of the various frequency components of the received signal with the various amplitude memorized in the database is not necessarily restrained by only two sub-bands. Furthermore, it can compare with the amplitude from the database corresponding to a sub-band besides the above about the amplitude of the frequency component in other sub-bands.

[0062] If the memorized profile which is adjusted in the detected profile is found (phase 932C), the information about the violence of arcing, the cause of arcing, and/or an arcing field will be received from a database (phase 936C). The violence of arcing, a cause, and/or a location are determined by making it correlate with the data which were able to obtain experientially the data sensed / detected. For example, although (1) Decided and generated about the violence of arcing Arcing which does not bring a result which does damage and is not connected with a more intense arc, (2) Although light damage is produced or damage completely is not produced, it can classify on three level called arcing it is experientially indicated to be to be connected with a more intense arc (namely, sign of intense arcing), and intense arcing which produces (3) damages. The cause of arcing may be determined by identifying the component which it corresponded [component] to the component which produces arcing, and produced change in the arcing condition for example, from the non-arcing condition and which changed (under a test). The data relevant to the identified component are memorized by the database. Next, about the data obtained in down stream processing, by comparing the data obtained in the production process with the data obtained during the test, it can use in order to identify the component or component which produces arcing (that is, the component or component which produces arcing is characterized by the test data). The field of arcing is determined by comparing with the data which obtain during a test the data further obtained in the production process by corresponding to the location which an arcing event produces, and you were made to correlate with a test data beforehand.

[0063] In the example of drawing 19, the information about the violence of arcing, a cause, and/or a field is displayed on an operator or a central control unit (phase 938C), and a procedure progresses to

phase 940C. Phase 940C judges whether it is that arcing may be harmful (that is, damage may be done to a system or workpiece) based on the violence of arcing, a cause, and/or a field. If that is right, a power control unit will reduce RF power supplied by RF power source, and will stop ** or RF power source (phase 910C). Next, a procedure is ended (phase 912C). In phase 940C, if it is not judged that arcing may be harmful, a procedure is ended, without reducing or stopping RF power (phase 912C). In phase 932C, if the measured profile and the profile to adjust and which was memorized in the database are not found, warning that adjustment was not found is given to an operator or a central control unit (phase 934C), and a procedure is ended at this point (phase 912C).

[0064] Although RF power condition is fixed, it is recognized that the violence and/or frequency of arcing may change with time amount. More clearly, under some certain conditions, the level of arcing violence may increase, if the phase for preventing an increment is not performed. Furthermore, under some certain conditions, the frequency of an arcing event may increase, if suitable measurement is not performed. The information about the conditions which the violence and frequency of arcing can carry out by time amount between the database generating procedures explained in drawing 8 and drawing 9 is memorizable in a database. (It is shown in drawing 19 like) It is possible to predict when an arcing property is likely to become more violently or more frequent by taking into consideration adjusting the detected profile with the memorized profile, and the violence and arcing event frequency of arcing relevant to this profile.

[0065] The further description of this invention is a plasma control device's being able to supervise the violence and frequency of an arcing event, and being able to stop processing temporarily in a certain case. A single arcing event is fully intense, or if arcing arises frequently at a non-foreword, it can interpret as signs that it says that a plasma control device has risk of a system or workpiece receiving damage based on the information collected by the database in this information, or damage was already able to be done. If it determines that a problem will be solvable when a plasma control unit stops the plasma temporarily, in order to control an arc, it will be interrupted temporarily, next RF power will return after predetermined time amount. The time amount needed for controlling an arc may be RF power of about 20 cycles, as it is dependent on the property of a system and is shown in drawing 4 A. (Depending on the existence of the plasma, this changes during a halt of the plasma) Electric Q (quality factor) of a plasma generating circuit can result in change to the time amount needed for controlling an arc. Furthermore, as it is dependent on the property of a system and the time amount needed for returning RF power is also shown in drawing 4 A, you may be RF power of about 2000 cycles. Suitable warning will be given to an operator or a central control unit (78 of drawing 10) if the plasma is stopped for a short time. As shown in drawing 4 B, if an arc is more intense, a plasma control unit can send the signal that a system should be fixed soon, according to the violence in question to an operator (for example, it had the display or the voice alarm) or a central control unit by an arc arising more frequently. In being the most intense, a plasma control unit suspends processing.

[0066] It is also possible to change the consistency of power or a gas so that processing can be continued by one side by which the signs of intense arcing are avoided as other approaches of suspending a system to some fixed conditions (or fully delayed so that a maintenance can be performed). However, it is desirable to interrupt a power source so that a processing state may not deviate from the design specification of substrate processing now.

[0067] As mentioned above, this invention offers the approach of using a neuron network, in order to prevent generating of an arc by predicting generating of an arc based on the repeatability inclination in the interrelation of some measurable parameters. In other words, a neuron network "is trained" in order to predict when an arc is likely to happen and to offer the time amount for exact measurement. The one approach of raising the sensibility to detection of a "micro arc" is the monitor of the frequency spectrum of such an electrical signal. A micro arc being not only detectable, but being able to predict by supervising the frequency spectrum of the electric component in a plasma system, and changing a spectrum component quickly by this shows the electric field in the plasma source distorted very much (highly straining). The recognition of such a spectrum content relevant to a neuron network which understands the relation of the frequency band of the spectrum of an electric component can offer the

approach of predicting generating of a future arc by the appropriate time amount for prevention.

[0068] From the above-mentioned thing, the various descriptions of assisting this invention preventing / controlling arcing in a plasma treatment system which is not desirable are offered so that clearly. Detect arcing and the conventional system cannot control it until it is too late for preventing the damage over a system and workpiece. By contrast, this invention makes it possible it not only to enable early detection of the beginning of arcing or arcing, but to acquire the detailed information about the location and property of arcing based on the signal received from the circuit combined with the plasma. Therefore, the outstanding diagnosis is attained [rather than] about the cause of the improved protection and arcing to the damage effectiveness of arcing. The analysis of the measured input value also makes the unsuitable assembly of a system, or other problems like use similarly emerge. (Using a neuron network or a spectrum profile exchangeable) By testing a wafer, the further problem is also detectable. As an example of unsuitable use, change arises in the higher harmonic by which a wafer will be received if unsuitably exchanged for an electrostatic chuck. By detecting unsuitable installation or re-installation, this invention can reduce the overall consumption on a system.

[0069] Clearly, many modification and modifications concerning this invention in view of above-mentioned instruction are possible. Therefore, in within the limits of the attached claim, he is an approach different from what was specifically explained in this specification, and it should be understood that this invention can be carried out.

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] A is drawing showing the example of inductive RF plasma system roughly. B is drawing showing roughly the example of RF plasma system driven in capacitive.

[Drawing 2] It is the schematic diagram of the example of RF matching circuit network.

[Drawing 3] It is drawing showing the current of the plasma - an electrical-potential-difference curve.

[Drawing 4] A is the graph of the electrical potential difference in the node of the circuit combined with the plasma to low or moderate generating of arcing - time amount. B is the graph of the electrical potential difference in the node of the circuit combined with the plasma to frequent generating of arcing - time amount.

[Drawing 5] A is drawing of the frequency spectrum of the signal received from the plasma system which is operating in the normal (there is no arcing) condition. B is the graph of the frequency spectrum of the signal received from the plasma system which arcing has generated. Arcing occurs and C is the graph of the frequency spectrum of the electrical signal from a plasma system when the arcing signal in a certain fixed frequency is larger than the arcing signal in other frequencies.

[Drawing 6] A is a schematic diagram of the operation gestalt about down KOMBATINGU which has a mixer and a low-pass filter, and a filtering circuit used in 1 operation gestalt for measuring the amplitude of a spectrum component. B is a schematic diagram of other operation gestalten about down KOMBATINGU which has rectifier diode and a low-pass filter, and a filtering circuit used in other operation gestalten for measuring the amplitude of a spectrum component.

[Drawing 7] It is the schematic diagram of the neuron network trained so that arcing in RF plasma system might be detected / predicted.

[Drawing 8] It is the example of the flow chart of the procedure used in order to collect the arcing information for using in RF plasma system.

[Drawing 9] It is the same drawing as drawing 8 .

[Drawing 10] It is drawing showing the example of RF (ESRF) system covered electrostatic.

[Drawing 11] It is the block diagram of the example of a plasma control device.

[Drawing 12] It is the block diagram of the 1st operation gestalt of a transducer.

[Drawing 13] It is the block diagram of the 2nd operation gestalt of a transducer.

[Drawing 14] It is the block diagram of the operation gestalt of signal division equipment.

[Drawing 15] It is the block diagram of the operation gestalt of A/D-conversion equipment.

[Drawing 16] It is the example of the flow chart of the procedure used in order to analyze an arcing signal in RF plasma system.

[Drawing 17] It is the same drawing as drawing 16 .

[Drawing 18] It is the example of the flow chart of the procedure used in order to analyze arcing event frequency in RF plasma system.

[Drawing 19] It is the example of the flow chart of the procedure used in order to determine the violence of arcing in RF plasma system, a cause, and/or a field.

[Drawing 20] It is drawing showing roughly the example of the computer system for using as a plasma control unit or a central control unit.

[Description of Notations]

1 Processing Chamber 2 Plasma Fields 3, 3A, 3B, and 3C RF source 4 Semiconductor wafer 5 Coil 5A inductivity coil 5B Capacitive bias shielding 5C The chuck five E1, five E2 Electrode 6 The gas inlet port 20 impedance-matching network 22 The plasma generating circuit 65 local-oscillator source 70 A cable 77 plasma control unit 77A A converter 77A1 A/D converter 77A2 Signal division equipment 77 A3 A/D-conversion equipment 77B Central processing unit 77C power control unit 7702 Input-signal input port 7704 Power control unit output port 7745 A splitter 7760 processing signal ports 7761-776n Channels 7780 and 7790 Digital port 7781-778n channel 78 Central control units 80A and 80B, 80C matching circuit network 1100 A computer system 1102 housing 1104 Mother board 1106 central processing unit 1108 Memory 1110 Marker card 1112 Hard disk 1114 Floppy disk drive 1118 The compact disk reader 1119 compact disk 1120 monitor 1122 Keyboard 1124 Mouse 1126 analog-digital (A/D) input 1128 The communication link port DCR1 - DCRn Down converter

[Translation done.]